

Originalbeitrag

Struktur, Entwicklung und Verarbeitung von Sprache und Musik

Sallat, Stephan

DE | Zusammenfassung

Der Gebrauch von Sprache und Musik ist spezifisch für die Spezies Mensch. Beide Phänomene zeigen neben einer ähnlichen Struktur auch eine vergleichbare Entwicklung und Verarbeitung. Bei typisch entwickelten Kindern und Erwachsenen lässt sich die Musikverarbeitung in überlappenden Arealen der Sprachverarbeitung sowie mit vergleichbaren EKP-Komponenten¹ aufzeigen. Ebenfalls konnte die musikpsychologische Forschung der letzten Jahre Transfereffekte einer intensiven Beschäftigung mit Musik auf verschiedene Sprachverarbeitungsprozesse aufzeigen. Daraus erwachsen Möglichkeiten um Musik in der Intervention bei Menschen mit Sprach- und Kommunikationsstörungen einzusetzen. Andererseits zeigen Schlaganfallpatienten ebenso wie Kinder mit Sprachentwicklungsstörungen eine abweichende Musikverarbeitung. Der Beitrag gibt einen Überblick zu Sprache und Musik für Sprachtherapeuten.

EN | Abstract

Language and music are specific to human beings. Both show a lot of similarities in structure, development and processing. For typical developing children and adults the processing of language and music occurs in the same brain areas with similar mechanisms. Furthermore the music-psychological research of the last years could show transfer effects of intensive music activities on different aspects of language processing. Thus, there are possibilities for using music in the intervention of speech language and communications disorders. Otherwise, the music processing in children with language impairment and adults after stroke show differences. The paper gives an overview for speech and language pathologists.

¹ EKP-Komponenten (Ereigniskorrelierte Potentiale) sind Reaktionen des Gehirns auf ein bestimmtes Ereignis in einem spezifischen Zeitfenster. Beispielsweise reagiert das Gehirn auf eine semantische Bedeutungsverletzung mit einer Negativierung der Hirnströme nach 400ms. Diese EKP-Komponente wird als N400 bezeichnet.

Musik wird in sprachtherapeutischen Bereichen wie Diagnostik, Therapie und Förderung vielfältig eingesetzt (z.B. Meixner, 1994; Breuer & Weuffen, 2000; Gaumer-Becker, 2000; Pahn, 2006; Norton, Zipse, Marchina, & Schlaug, 2009; Sallat, 2010). Die Forschung in den Bereichen Musikpsychologie und Musikmedizin konnte zudem in den letzten Jahren Transfereffekte einer intensiven Beschäftigung mit Musik auf allgemeine Entwicklungs- und Verarbeitungsbereiche sowie auf die Sprachverarbeitung nachweisen. Diese sind von besonderem Interesse für die Sprachtherapie und die Neurorehabilitation. Des Weiteren finden sich sowohl für sprachentwicklungsgestörte Kinder als auch für Menschen mit neurologischen Störungen Besonderheiten in der Musikverarbeitung, deren Kenntnisse für die Verwendung von Musik in sprachfördernden oder sprachtherapeutischen Kontexten wichtig sind. Daher werden im Beitrag die Phänomene Sprache und Musik vergleichend gegenübergestellt.

1. Struktur

Musik und Sprache sind akustische Phänomene, die sich in der Zeit verändern. Sie bestehen beide aus einer begrenzten Anzahl an Elementen. Für die Kombination dieser Einheiten gibt es jeweils spezifische Regeln, die jedoch unbegrenzte Kombinationsmöglichkeiten zulassen.

In jeder Sprache gibt es eine begrenzte Anzahl an Phänomenen, den kleinsten bedeutungsunterscheidenden, abstrakten sprachlichen Einheiten. Die phonetische Repräsentation der Phoneme ist durch phonotaktische Regeln vorgegeben. Ebenso gelten phonotaktische Regeln für die Kombinationen von Konsonanten und Vokalen zu Silben. Weiterhin gibt es Regeln für die Kombination dieser Silben zu Wörtern und Wortstämmen, sowie für die morphologischen Veränderungen von Wörtern. Schließlich gibt es syntaktische Regeln für die Kombination der Wörter zu Phrasen, Haupt- und Nebensätzen. Das Regelinventar dieser Kombinationsmöglichkeiten zu längeren Phrasen ist durch die sprachspezifische Grammatik festgelegt (Crain & LilloMartin, 1999; Guasti, 2004). Neben diesen Regeln werden sprachspezifische Akzente und prosodische Elemente genutzt, um Inhalte zu verstärken. Trotz dieser Regelbeschränkungen bietet die Sprache unbegrenzte Kombinationsmöglichkeiten.

Ebenso verhält es sich in der Musik. So gibt es eine Begrenzung der Einheiten, durch die in jedem Kulturkreis unterschiedliche Anzahl an Tönen innerhalb einer Oktave. Je nach Kulturkreis gelten individuelle Regeln für die Kombination von Tönen zu musikalischen Phrasen, Liedern, Konzerten, Sinfonien (Lerdahl & Jackendoff,

1983; Lerdahl, 2001). Von grundlegender Bedeutung sind dabei die möglichen Tonarten (Skalen), die aus den jeweiligen Unterteilungen der Oktave resultieren. Eine Oktave ist durch die Verdopplung der Schwingungsfrequenz gekennzeichnet. So hat der Kammerton «a¹» eine Frequenz von 440 Mhz. Der Ton «a²», der eine Oktave höher ist, eine Frequenz von 880 Mhz, währenddessen das eine Oktave tiefere «a» eine Frequenz von 220 Mhz hat. Im abendländischen Tonsystem unterteilen wir die Oktave in 12 Halbtonschritte, es gibt aber beispielsweise im Orient Skalen mit über 20 Unterteilungen (Deutsch, 1999). Mehrere Töne können bei gleichzeitigem Erklängen Intervalle und Harmonien und in der Aneinanderreihung und Kombination Melodien, Intervallfolgen oder Harmoniefolgen bilden. Auch für die Kombination von Tönen, Intervallen und Harmonien gibt es für jeden Kulturraum spezifische Regelsysteme (musikalische Syntax), welche unbegrenzte Kombinationsmöglichkeiten eröffnen (Lerdahl, 2001).

Für die akustische Wahrnehmung der Klangfarbe von Musik (Instrumente, Interpretation) oder des Stimmklanges unterschiedlicher Sprecher oder Sänger sind das Oberton- oder auch Formantenspektrum sowie der Beginn der Tonerzeugung von besonderer Bedeutung. Abhängig von der individuellen Beschaffenheit des Vokaltraktes haben Stimmen einen individuellen Klang. Ebenso klingen Instrumente infolge unterschiedlicher Tonerzeugung und unterschiedlicher Klangkörperstruktur unterschiedlich. In der Sprache hilft die Voice-Onset-Time dabei, verschiedene Konsonanten, aber auch Stimmen voneinander zu unterscheiden. Ebenso beruht in der Musik die Wahrnehmung von unterschiedlichen Klängen vor allem auf dem Einschwingungsvorgang. So klingt beispielsweise ein rückwärts abgespielter Klavierton eher wie ein Akkordeonten, da das Klavier aufgrund des Hammerschlags bei der Tonerzeugung einen kurzen Einschwingungsvorgang hat, nach dem der Ton langsam ausklingt. Im Gegensatz dazu hat das Akkordeon durch die Tonerzeugung mittels eines durch Luft in Schwingung versetzten Metallblättchens eine längere Toneinsatzzeit. Für einen Überblick über die psychoakustischen Grundlagen des Musikhörens siehe Fricke & Louven (2008).

2. Sozialisation, Evolution und Entwicklung

Sprache und Musik sind kulturübergreifende Fertigkeiten, deren Gebrauch den Menschen von anderen Spezies unterscheidet. In allen Kulturen gibt es Geschichten, Texte, Bedeutungen, Wörter. Ebenso hat jede Kultur ihre eigene Musik, egal ob instrumental oder vokal in der

Verbindung von Sprache und Musik, als Lieder. So verwundert es wenig, dass Sprache und Musik eine entscheidende Rolle in der Kommunikation und Koordination von Gruppen sowie für den sozialen Zusammenhalt spielen (Koelsch & Siebel, 2005). Soziale Gruppen (z.B. Jugendliche, Rentner, Migranten eines bestimmten Herkunftslandes) zeichnen sich nicht nur durch eine gruppenspezifische Sprache, sondern häufig ebenso durch gruppenspezifische Musik aus, die in speziellen Medienformaten in Radio, Internet und Fernsehen transportiert und rezipiert wird (für einen Überblick siehe Kleinen, 2008). In der Evolutionsforschung gibt es Diskussionen über gemeinsame Wurzeln von Musik und Sprache, wobei sich beide Phänomene vermutlich als unterschiedliche Spezialisierungen eines gemeinsamen referentiell-emotiven Vorgängers, der so genannten «musilanguage», entwickelt haben (Brown, 2000; Hauser & McDermott, 2003; Fitch, 2005). In der weiteren Entwicklung der Menschheit hat sich Musik dann als Möglichkeit zur Vermittlung von Emotionen herauskristallisiert und entwickelt, während die Sprache für die referentiell-inhaltliche Vermittlung verwendet wird.

Aber auch in der kindlichen Entwicklung zeigen sich für beide Phänomene Gemeinsamkeiten. So sind beispielsweise die Entwicklungs- und Lernmechanismen statistisches Lernen und implizites Lernen bei beiden zu finden (z.B. McMullen & Saffran, 2004; Tillmann et al., 2000). Kinder wissen nichts über die grammatische Struktur von Sätzen, über Wortformen, Verbstellung und Flexionsmöglichkeiten, trotzdem wenden sie die Regeln zumeist richtig an. Ebenso singen sie die Melodie eines Liedes ohne etwas von Skalen, Tonalität und Intervallen zu wissen. Vor allem zu Beginn des Lebens in der vorsprachlichen Phase, in der der Säugling beginnt, seine Aufmerksamkeit auf Sprache zu richten und erste Wörter zu entdecken, scheint das Gehirn Musik und Sprache nicht in unterschiedlichen Domänen zu verarbeiten. Die Sprache stellt in dieser Entwicklungsphase für das Gehirn eher eine Art Musik dar (Koelsch & Siebel, 2005). Am Beginn der Sprachentwicklung muss der Säugling mit Sprachmelodie, Sprachkontur, Sprachrhythmus, Dynamik, Betonung vor allem die prosodischen bzw. musikalischen Elemente beachten und analysieren, um im sprachlichen Input (Muttersprache) erste Laute und Wörter zu erkennen. So können Säuglinge bereits direkt nach der Geburt Sprachen aufgrund der sprachtypischen Wechsel von betonten und unbetonten Silben voneinander unterscheiden und beachten die Konturverläufe (vgl. Höhle 2002, 2005; Werker & Yeung, 2005; Kuhl, 2004). Damit analysieren die Säuglinge den sprachlichen Input vor allem anhand seiner musikalisch-akustischen Eigenschaften. Im weiteren Verlauf des typischen Spracherwerbs nimmt die besondere Beachtung der prosodischen Elemente der

Sprache ab und die Kinder sind zunehmend in der Lage, den Input sprachstrukturell zu analysieren. Sie sind beim Erkennen von Silben, Wörtern und Sätzen nicht mehr auf die prosodische Zusatzinformation angewiesen, da sie zunehmend auf sprachspezifisches Wissen zurückgreifen können (vgl. Sallat, 2011a; Höhle, 2002).

3. Melodie und Singen

Wie oben beschrieben spielt die Beachtung von Tonhöhen, Konturverläufen beziehungsweise der Sprachmelodie eine besondere Rolle im frühen Spracherwerb. In der erwachsenen Sprachverarbeitung ist die Sprachmelodie vor allem für die Unterscheidung unterschiedlicher Satzarten (Aussagesatz, Fragesatz) sowie den Transport von Emotionen zuständig. Allerdings gibt es auch Sprachen, in denen die Sprachmelodie sehr wichtig ist. So ändern sich die Bedeutungen von Silbenfolgen oder Wörtern in Tonsprachen wie Mandarin aufgrund unterschiedlicher Tonhöhen oder Konturverläufe.

Die Melodien und Konturen im sprachlichen Bereich unterscheiden sich trotzdem deutlich von gesungenen Melodien. So ist der Umfang einer Sängerstimme mit über 2 Oktaven deutlich größer als der einer Sprechstimme. Zudem sind beim Singen die Tonhöhen und Tondauern exakt festgelegt und das Verhältnis von Vokaldauern zu Konsontanten um ein Vielfaches zugunsten der Vokale verschoben. Die Unterschiede zwischen Sprech- und Singstimme sind in der an Säuglinge gerichteten Sprache (child directed speech, motherese) geringer, da die Bezugspersonen zu Säuglingen in einer erhöhten Sprechstimmlage sowie mit einer überhöhten Sprachmelodie sprechen, damit kommt sie dem Singen sehr nah. Diese deutliche Hervorhebung von Tonhöhen und Melodieverläufen nutzt der Säugling für ein besseres Sprachverständnis. Wermke konnte zeigen, dass sich Säuglinge aus unterschiedlichen Sprachen bereits in ihren Schreiäußerungen durch unterschiedliche Konturverläufe unterscheiden (Wermke 2008). In der erwachsenen Sprachverarbeitung können melodische Zusatzinformationen genutzt werden, um neue Wörter besser zu lernen. So konnten Schön und Kollegen in einem Experiment zum statistischen Sprachlernen zeigen, dass Erwachsene dreisilbige Kunstwörter lernen, wenn sie ihnen gesungen dargeboten werden. Das Sprachlernen war in zwei unterschiedlichen Bedingungen nachweisbar. Zum einen, wenn jede Silbe einen ganz spezifischen Ton zugewiesen bekam und immer auf genau diesem Ton gesungen wurde (z.B. /si/ = gesungenes «g»; /py/ = gesungenes «h»). Die Wörter wurden allerdings auch gelernt, wenn die Zuteilung von Silben und Tonhöhen zufällig und unterschiedlich erfolgte. Im Gegensatz dazu wurden die Wörter bei mo-

notoner Darbietung auf einer Tonhöhe nicht gelernt (Schön et al., 2008). Als mögliche Gründe für diese Befunde führen Schön und Kollegen an, dass durch das Singen die phonologischen Grenzen zwischen den Silben deutlicher werden, dass Musik und Sprache in überlappenden Hirnstrukturen verarbeitet werden und dass durch das Singen Gefühl und Aufmerksamkeit erhöht werden. Aber auch Kinder mit einer typischen Sprachentwicklung im Alter von fünf Jahren profitieren schon von der gesungenen Darbietung (Sallat, Spreer & Schön in Vorb.). Einen interessanten Zusammenhang zwischen melodischen Aspekten von Sprachen und Musik konnten Patel, Iversen & Rosenberg (2006) aufzeigen. Sie berechneten akustische Kennwerte von englischen und französischen Sprachausschnitten (Sätzen) mit Hilfe der Analyse von Vokaldauern und der Grundfrequenzen für jede Silbe. Diese sprachtypischen Kennwerte verglichen sie dann mit englischer und französischer Instrumentalmusik des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts. Sie konnten zeigen, dass englische Instrumentalmusik dieser Zeit eine große Variabilität aufeinanderfolgender Intervalle aufweist und dies vergleichbar zur englischen Sprache ist, wo sich aufeinanderfolgende Vokale in Bezug auf Dauer und Grundfrequenz ebenfalls deutlich unterscheiden. Im Gegensatz dazu findet sich in der französischen Musik eine geringe Variabilität mit häufig nur Halbtonschritten. Dies entspricht dem Akustikwert für die französische Sprache, wo die Kennwerte für Vokaldauer und Grundfrequenz viel geringer sind. Auf den Nutzen dieser engen Zusammenhänge zwischen Melodie in Sprache und Musik wird im Abschnitt zu den Transfereffekten mit dem Bezug zur Melodic Intonation Therapy (MIT) noch einmal näher eingegangen. Ebenso werden unten Besonderheiten der Melodieverarbeitung bei Sprachentwicklungsstörungen erörtert.

4. Rhythmus

Der Rhythmus ist sowohl in der Musik als auch in Sprachen ein wesentliches Element. Allerdings gibt es nur wenige Studien, die versuchen sprachliche und musikalische Rhythmen miteinander zu vergleichen. Dies hat vor allem damit zu tun, dass es schwierig ist «Rhythmus» einheitlich zu definieren. Der Begriff wird häufig im Zusammenhang mit Begriffen wie Biorhythmus, Puls und Hirnfrequenz verwendet. Rhythmus wird dabei jedoch mit Periodizität gleichgesetzt, aber: obwohl alle periodischen Muster rhythmisch sind, sind nicht alle rhythmischen Muster periodisch. Für Patel (2008) sind Sprache und Musik als systematische zeitliche, akzentuierte und phrasale akustische Muster gekennzeichnet und damit rhythmisch analysierbar. Ein wesentliches rhythmisches Merkmal ist

die Gruppierung von sprachlichen oder musikalischen Einheiten innerhalb von Phrasen. Diese lassen sich sowohl in der Musik aufzeigen, als auch in der Sprache. In der Sprache spricht man von prosodischer Hierarchie oder prosodischer Gruppierung (z.B. Nespor & Vogel, 1983). Diese Gruppierung ist natürlich auch von der phonologischen und syntaktischen Struktur eines Satzes oder einer Wortgruppe beeinflusst, geht zum Teil aber darüber hinaus. Säuglinge sind bereits sehr früh sensibel für diese Gruppierungen und bevorzugen sowohl in der Sprache als auch in der Musik Pausen am Ende von Phrasen im Gegensatz zu Pausen, die an willkürlichen Stellen innerhalb der Phrasen gesetzt wurden (vgl. Jusczyk, 2002).

In der Musik hat jedes Musikstück eine bestimmte Taktart und ein vorgegebenes Tempo (Metrum). Durch die Taktart ergeben sich Töne, die stärker betont sind (Hauptzählzeiten) und unbetonte Töne (Nebenzählzeiten). Musikalische Phrasen sind neben melodischen und harmonischen Zusammenhängen auch durch diese rhythmischen Besonderheiten und Pausen gekennzeichnet. In der Sprache ergeben sich durch den sprachspezifischen Wechsel von betonten und unbetonten Silben unterschiedliche Sprachrhythmen wie Jambus oder Trochäus. Bereits direkt nach der Geburt sind Säuglinge in der Lage, Sprachen aufgrund dieser rhythmisch-prosodischen Besonderheiten zu unterscheiden (Nazzi et al., 1998). Sprachen werden aufgrund ihrer rhythmischen Besonderheiten in die drei Rhythmusklassen stress-timed (z.B. Deutsch, Englisch), syllable-timed (z.B. Spanisch, Französisch) und mora-timed (z.B. Japanisch) eingeteilt. Neugeborene sind in der Lage, Sprachen aus zwei unterschiedlichen Rhythmusklassen zu unterscheiden (Englisch vs. Japanisch), allerdings gelingt es ihnen noch nicht, zwei Sprachen der gleichen Rhythmusklasse (Holländisch vs. Englisch) zu unterscheiden. Im Alter von 5 Monaten können Babys dann sogar unterschiedliche Dialekte (Britisch-Englisch vs. Amerikanisch-Englisch) und damit phonematische Kontraste unterscheiden. Diese Leistung war jedoch an die eigene Muttersprache gekoppelt, denn es gelang den Kindern nicht, zwei Fremdsprachen der gleichen Rhythmusklasse zu unterscheiden (für eine Zusammenfassung siehe Nazzi & Ramus, 2003; Höhle, 2002).

Ähnlich wie für die Sprachwahrnehmung aufgezeigt, ist auch die Fähigkeit zur Wahrnehmung von musikalischen Metren und Rhythmen von Entwicklung, Lernen und kulturellem Einfluss abhängig. So erkennen beispielsweise sechs Monate alte nordamerikanische Säuglinge metrischen Brüche (auf den Takt bezogen) in Volksliedern vom Balkan ebenso gut wie rhythmische Fehler in amerikanischen Liedern. Nordamerikanische Erwachsene erkennen diese Fehler in den Liedern vom Balkan nicht mehr, erwachsene Bulgaren hingegen sofort (für einen Überblick siehe Patel, 2008).

5. Verarbeitung

Grundlegend für das Verständnis von Sprache und Musik ist die Wahrnehmung von Invarianzen (Unveränderbarkeiten). So werden Wörter als invariant und mit der gleichen Bedeutung wahrgenommen, obwohl sich ihr akustisches Muster bei unterschiedlichen Sprechern sehr deutlich bezüglich Stimmlage, Stimmklang, Akzent etc. unterscheiden kann. Ebenso werden Lieder und Melodien unabhängig von der Tonhöhe oder dem Tempo wiedererkannt und sind als invariante Einheiten gespeichert. Grundlegend für diese Verarbeitungs- und Wiedererkennungsleistungen ist die kategoriale Wahrnehmung. Verändert man die Voice-Onset-Time des Konsonanten /d/ allmählich zu einem /t/ so werden die Versuchspersonen trotzdem sehr lange weiter /d/ wahrnehmen und nur in einem sehr kleinen Bereich (kritische Schwelle) zu uneinheitlichen Bewertungen kommen und anschließend deutlich /t/ hören. Kategorial wahrgenommen werden u.a. Artikulationsart (Stimmeinsatzzeit) und Artikulationsort (Einsatzfrequenz des zweiten und dritten Formanten), sie kennzeichnen Phonemkontraste. Ebenso funktioniert die Wahrnehmung zwischen Halbtönen kategorial, sonst wäre es beispielsweise unmöglich, einem a cappella singenden Chor zuzuhören oder in ihm selbst zu singen, da sich hier immer wieder feine Tonhöhenverschiebungen im Verlauf eines Musikstückes ergeben. Menschen mit absolutem Gehör² sind hier «im Nachteil», da sie diese, oft nur wenige Mhz großen «Verstimmungen» nicht tolerieren können.

6. Neurokognitive Verarbeitung

Für die Erforschung der Neurokognition von Sprache und Musik gibt es zwei Herangehensweisen. Zum einen werden in der detaillierten Analyse der Verarbeitungsleistungen von Patienten nach einer Hirnverletzung Hinweise für sprach- oder musikspezifische Verarbeitungsmodule gesucht. Diese werden im folgenden Abschnitt zum Vergleich von Amusie und Aphasie dargestellt. Die zweite Herangehensweise ist der Vergleich von Ereigniskorrelierten Potentialen. Diese Darstellung erfolgt im Anschluss.

6.1 Amusie und Aphasie

In der Forschungsgeschichte zu Aphasien gab es immer wieder Fallbeschreibungen von erworbenen Störungen

der Wahrnehmung und Produktion, des Lesens und Schreibens von Musik, die nicht auf die Störungen von grundlegenden perzeptuellen, motorischen und kognitiven Funktionen oder allgemeine geistige Einschränkungen zurückgeführt werden konnten (Marin & Perry, 1999). Vergleichbar zur Aphasie werden solche musikspezifischen Defizite infolge einer Hirnschädigung als Amusie (früher auch musikalische Aphasie) bezeichnet. Durch den Vergleich der musikalischen Verarbeitungsleistungen bei Menschen mit Aphasie und den sprachlichen Verarbeitungsleistungen bei Menschen mit Amusie lassen sich amusische Defizite als Spiegelbild aphasischer Dysfunktionen in konzeptioneller, funktioneller sowie anatomischer Hinsicht beobachten (Sammler, 2011). Ähnlichkeiten zwischen aphasischen und amusischen Störungen werden beispielsweise zwischen der Wernicke-Aphasie und rezeptiven Amusien (Störungen der Tonhöhen- und Melodieperzeption) deutlich. Ebenso zwischen der Broca-Aphasie und oral-expressiven und vokalen Amusien (Störungen des Singens und Vokalisierens), sowie Alexie und Notenblindheit (Unfähigkeit, ein musikalisches Notenbild zu lesen, eine entsprechende Ausbildung des Patienten vorausgesetzt). Ebenfalls wurden Personen beschrieben, die infolge der neurologischen Schädigung nicht mehr in der Lage waren, gehörte Töne niederzuschreiben oder zu kopieren (musikalische Agraphien), bekannte Melodien zu erkennen (musikalische Amnesien) Rhythmen wahrzunehmen (Arhythmien) oder die trotz erhaltener Bewegungsfähigkeiten nicht mehr in der Lage sind, ihr Instrument zu spielen (instrumentale Apraxien, für eine Zusammenfassung siehe Schlesiger & Evers, 2005).

Verbunden mit diesen Beschreibungen ist immer die Frage nach der Modularität von Sprache und Musik sowie nach gemeinsamen oder unabhängigen Verarbeitungsarealen. Fallbeispiele wie der des russischen Komponisten Vissarion Shebalin, der trotz Aphasie noch ein hervorragender Pianist war und Konzerte gab, als auch von Patienten, die zwar Lieder singen, die Liedtexte aber nicht einzeln sprechen konnten, brachten hier keine endgültige Aussage. Viele dieser Fälle sind nur anekdotisch berichtet und nicht mit vergleichbaren Messinstrumenten erhoben. In den letzten Jahren wurden jedoch entsprechende Tests entwickelt, die eine detaillierte Beschreibung der Störungssphänomene ermöglichen. Schuppert & Altenmüller (2001) entwickelten den «Test zur Überprüfung der Musikwahrnehmung». Dieser enthält einen Fragebogen über die

² Die meisten Menschen können Tonhöhen nur relativ unterscheiden. Menschen mit absolutem Gehör erkennen jedoch die exakte Tonhöhe von jedem Geräusch oder von jedem Ton. Ebenso haben sie die klare Vorstellung der Tonhöhe, wenn sie gedruckte Noten lesen.

musikalische Ausbildung bzw. das musikalische Wissen sowie musikalische Umgangsweisen. Die Untertests setzten sich aus Aufgaben zur Diskrimination von Tonhöhen, kontur- und intervallveränderten Melodien, Rhythmen und Metren sowie dem Erkennen bekannter Melodien zusammen. Noch umfänglicher und inzwischen am häufigsten verwendet ist die von Peretz und Kollegen in Kanada entwickelte «Montreal Battery of Evaluation of Amusia» (MBEA, vgl. Peretz, Champod & Hyde, 2003). Sie beinhaltet die sechs Untertests Tonleiter/Tonart (Scale), Kontur (Contur), Intervall (Interval), Rhythmus (Rhythm), Metrum (Metric) und Arbeitsgedächtnis (Memory).

Mit diesen Instrumenten konnte die Musikrezeptionsleistungen der Patienten nun genauer beschrieben werden. Rezeptive musikalische Dysfunktionen treten nach Hirnläsion sehr häufig auf. Schuppert et al. (2000) fanden bei 69% der untersuchten Patienten sowohl nach rechts- als auch nach linkshemisphärischen Läsionen im Temporal- und Frontallappen entsprechende Ausfälle. Diese waren demzufolge auch bei Läsionen in Spracharealen zu beobachten.

Die Untersuchungen der letzten Jahre zur Musikverarbeitung konnten aufzeigen, dass das Musikverstehen kein ganzheitliches Geschehen ist, sondern durch eine Vielzahl kleinteiliger, interagierender kognitiver Prozesse gekennzeichnet ist, die durch eine Hirnläsion selektiv gestört sein können (vgl. Koelsch & Siebel, 2005; Peretz & Coltheart, 2003). Defizite in der Perzeption von Tonhöhe, Klangfarbe oder musikalischen Emotionen können relativ isoliert auftreten. Die Wahrnehmung von Tonfolgen ist allerdings unterschiedlich und erfolgt zum einen lokal bei der Beurteilung von zwei aufeinanderfolgenden Tönen und zum anderen global bei der Beurteilung von Melodieverläufen. Ebenfalls wird der Rhythmus eher lokal wahrgenommen, währenddessen das Metrum (die Taktart) global analysiert wird. In der Kombination von Störungen auf einer dieser Wahrnehmungs- und Verarbeitungsebenen können musikalische Teilstörungen komplexe amusische Störungsbilder ergeben, aus denen die neuroanatomischen Grundlagen der spezifischen Subprozesse schwer zu identifizieren sind (vgl. Stewart et al., 2006).

Auf der Grundlage der vergleichenden Untersuchung von Patienten mittels der «Montreal Battery of Evaluation of Amusia» unterscheiden Peretz und Coltheart (2003) Module für die Zeitverarbeitung (Rhythmus; Takt/Tempo) und Module für die Tonhöhenorganisation (Kontur, Intervall, Tonhöhe). Diese Module sind sowohl bei der Musik-, als auch bei der Sprachverarbeitung eingebunden. Lediglich das Modul für akustische und phonologische Konversation/Analyse ist allein für die Sprachverarbeitung zuständig.

6.2 EKP-Komponenten

Auch bezüglich der neurokognitiven Verarbeitung konnten in den letzten Jahren für Musik vergleichbare EKP-Komponenten wie für die Sprachverarbeitung nachgewiesen werden. Die Studien betreffen die Syntaxverarbeitung und die semantische Verarbeitung.

Für die syntaktische Verarbeitung formulierte Patel die «Shared Syntactic Integration Resource Hypothesis» (SSIRH) (vgl. Patel 1998, 2003). Nach der SSIRH werden bei der sprachlichen und musikalischen Grammatikverarbeitung für die Integration sprachlicher oder musikalischer Zeichen in einen grammatischen Kontext, die gleichen neuronalen Areale und Prozesse genutzt. Diese Hypothese bietet so einen Erklärungsrahmen für das Auffinden von EKP-Komponenten für die musikalische Grammatikverarbeitung, welche vergleichbar mit Komponenten der sprachlichen Grammatikverarbeitung sind. So wiesen Patel et al. (1998) die EKP-Komponente P600 auch für Musik nach. Die P600 stand bis dahin nur für sprachliche Integrationsprozesse von Wörtern in den Gesamtkontext in einem Zeitbereich von 600 ms nach dem Erklängen des Wortes. Ebenso konnte Koelsch (2000) mit der Early Right Anterior Negativity (ERAN) eine EKP-Komponente als Reaktion auf Verletzungen der musikalischen Strukturverletzung nachweisen. Die Verletzung war ein falscher Akkord (Neapolitaner) am Schluss einer Akkordsequenz. Sie ist vergleichbar mit der Early Left Anterior Negativity (ELAN), welche eine Reaktion auf sprachliche Strukturverletzungen widerspiegelt (für eine Zusammenfassung der neuronalen Sprachverarbeitung siehe Friederici 1998, 2002). Reaktionen auf Verletzungen der musikalischen Strukturverletzung konnten, im Gegensatz zum Erkennen sprachlicher Strukturverletzungen, schon bei zwei- und fünfjährigen Kindern nachgewiesen werden (vgl. Koelsch et al., 2003; Jentschke, 2007). Hierbei zeigten sich geschlechtsspezifische Unterschiede, da Jungen musikalische Strukturverletzungen hauptsächlich linkshemisphärisch registrierten, Mädchen jedoch bilateral. Da in dieser Studie die Kinder im Gegensatz zu Erwachsenen Musik und Sprache in den gleichen Hirnregionen verarbeiteten, vermuten die Autoren, dass Kinder Musik und Sprache ähnlich verarbeiten.

Für die semantische Bedeutungsverarbeitung wurde die N400 untersucht. Je weniger die Bedeutung eines Zielwortes (Target) zu dem vorhergehenden Kontext (prime) passt, desto größer ist die N400, eine Negativierung mit einem Höhepunkt um 400ms nach Erklängen des Wortes. Durch den vorhergehenden Kontext wird ein Bedeutungsrahmen festgelegt (priming), gegen den das Zielwort mit seiner Bedeutung abgeglichen wird. Koelsch et al. (2004) konnten zeigen, dass auch Musik einen solchen Bedeutungsrahmen für Wörter herstellen kann. Die dabei verwendeten Musikstücke waren den Probanden, allesamt

Nichtmusiker, nicht bekannt und konnten trotzdem einen semantischen Bezugsrahmen erzeugen. Des Weiteren beschrieben die gewählten Worte nicht nur Emotionen. Dies deutet auf implizit erworbenes Wissen über Bedeutungen in der Musik und auf universelle Fähigkeiten des Menschen hin. So erklären die Befunde zum Beispiel, wie es Komponisten möglich ist, bestimmte Bedeutungen und Gefühle über die Musik zu vermitteln und warum auch musikalisch untrainierte Menschen Musik «verstehen» können.

7. Transfereffekte

Die Verarbeitung von Musik und das aktive Musizieren (Instrumental, Vokal) sind höchst komplexe Aufgaben, an denen eine Vielzahl kognitiver Prozesse wie Lernen, Wahrnehmen, Gedächtnis und Planung etc. beteiligt sind. Im Gegensatz zur Sprache, in der schon fünfjährige Kinder Experten sind, findet man für die Musik Laien, Amateurmusiker und Profimusiker und damit unterschiedliche Grade musikalischer Expertise. Im Vergleich dieser Personen kann man Einflüsse von Training und Lernen auf das Beherrschen musikalischer Fertigkeiten sowie deren neuronalen Repräsentationen untersuchen. Die Beschäftigung mit Musik (Wahrnehmen, Musizieren) führt zur vermehrten Verarbeitung auditorischer, motorischer und somatosensorischer Informationen. Beim Musizieren müssen diese Informationen kontrolliert und ggf. korrigiert werden. Musiker sind auf Grund ihres intensiven Trainings über viele Jahre hinweg in der Lage, viele der Verarbeitungsprozesse, die der Wahrnehmung und der Produktion von Musik dienen, schneller und effizienter auszuführen als Nichtmusiker. Sie beginnen oft schon als kleine Kinder, ein Instrument zu lernen und verbringen mehrere Stunden am Tag mit Üben. Daher sind sie im Vergleich mit musikalischen Laien und Amateurmusikern ein ideales Modell, um die Plastizität des Gehirns zu untersuchen (Münste, Altenmüller, & Jäncke, 2002; Schlaug, 2001).

Transfereffekte der Beschäftigung mit Musik finden sich für allgemeine Entwicklungsbereiche (Gaser & Schlaug, 2003; Gruhn, 1998; Bangert & Altenmüller, 2003) und die Sprachverarbeitung. Dabei wurden die Sprachleistungen von gesunden Profimusikern oder von Kindern mit musikalischem Training mit denen von gesunden musikalischen Laien verglichen (z.B. Gaser & Schlaug, 2003; Schellenberg, 2004; Jentschke et al., 2005; Jentschke & Koelsch, 2006). Das Gehirn von Profimusikern und von 11-jährigen Kindern mit musikalischem Training reagiert stärker auf eine sprachliche Strukturverletzung (Verletzung der Grammatik) als das Gehirn von gleichaltrigen Kontrollpersonen ohne musikalische Ausbil-

dung (z.B. Koelsch et al. 2002; Jentschke & Koelsch, 2009). Erwachsene und Kinder mit musikalischem Training zeigen ebenfalls bessere Leistungen in sprachlichen Arbeitsgedächtnisaufgaben (Erinnern und Wiederholen von Wortfolgen) als gleichaltrige musikalische Laien mit vergleichbarem IQ (Ho et al., 2003 [Kinder]; Chan et al., 1998 [Erwachsene]). Ebenso konnten Einflüsse der Beschäftigung mit Musik auf das Erkennen von Phrasengrenzen in Sprache und Musik (Magne et al., 2003, 2006; Schön et al., 2004) sowie auf die Prosodieverarbeitung nachgewiesen werden (Moreno et al., 2009; Thompson, Schellenberg, & Husain, 2004).

In aktuellen Studien zur Wirksamkeit der in der Rehabilitation von Aphasiepatienten seit den 1970er Jahren eingesetzten Melodic Intonation Therapy (MIT) nachgewiesen werden. Die Verknüpfung von gesungenen Wörtern oder Phrasen mit Fingertapping und damit die Verbindung von Sprache, Melodie und Rhythmus kann die Reorganisationsprozesse des Gehirns in der Neurorehabilitation verbessern (vgl. Schlaug et al., 2010; Norton et al., 2009; Rössler 2014: Musiktherapiebeitrag in diesem Heft).

Es gibt jedoch ebenso Studien die zeigen, dass die Verbesserung in sprachlichen Bereichen abhängig ist von der Art der musikalischen Förderung. In einer Studie von Thompson et al. (2004) wurde untersucht, ob sechsjährige Kinder nach einem wöchentlichen künstlerischen Training über ein Jahr hinweg den emotionalen Gehalt von Sätzen (fröhlich, traurig etc.) besser einschätzen können. Dabei zeigte sich, dass nur die Kinder mit einem wöchentlichen Instrumental- oder Schauspielunterricht bessere Leistungen erzielten. Im Gegensatz dazu waren Kinder, die ein Jahr lang Gesangsunterricht erhielten nicht besser (vgl. Thompson et al., 2004).

8. Sprachentwicklungsstörungen und Musik

Kinder mit umschriebenen Sprachentwicklungsstörungen zeigen sowohl in der musikalischen als auch in der prosodischen Verarbeitung Auffälligkeiten im Vergleich zu gleichaltrigen Kindern (Sallat, 2011a).

Die Bedeutung der prosodischen Verarbeitung vor allem im frühen Spracherwerb wurde oben bereits mehrfach beschrieben. Kinder mit umschriebenen Sprachentwicklungsstörungen (USES) zeigen jedoch in diesem Bereich Auffälligkeiten. Kinder mit USES sind scheinbar nicht in der Lage, prosodische Zusatzinformationen für eine bessere Sprachverarbeitung zu nutzen. Sie lernen Wörter und Sprachregeln genau so schlecht wie bei einer monotonen Darbietung. Im Gegensatz zu sprachunauffälligen Kindern und Erwachsenen profitieren sie nicht von einer

prosodisch überhöhten Darbietung beim Erwerb einer Kunstsprache (Weinert, 1991, 2000), beim Lernen von grammatischen Regeln (Bishop et al., 2006) oder bei der Beurteilung der Satzprosodie (Fisher et al., 2007).

Ebenfalls zeigen Sie Auffälligkeiten in der Musikverarbeitung. So zeigten fünfjährige Kinder mit USES in eigenen Untersuchungen Verarbeitungsleistungen für Rhythmen und Melodien auf dem Niveau von vierjährigen typisch entwickelten Kindern (Sallat, 2008). Es scheint, dass die zugrundeliegenden Verarbeitungsprozesse nicht im gleichen Maße automatisiert sind wie bei Kindern mit einer typischen Entwicklung (Sallat, 2011a, b). Weitere Untersuchungen konnten zeigen, dass auch die neurokognitive Verarbeitung für Musik bei Kindern mit USES gestört ist. So konnten wir in einer Untersuchung bei fünfjährigen USES-Kindern im Gegensatz zu gleichaltrigen Kindern keine ERAN und damit keine Reaktion des Gehirns auf eine Verletzung der musikalischen Syntax aufzeigen (Jentschke, Koelsch, Sallat & Friederici, 2008). Doch auch im sprachlichen Lernen scheinen die Kinder mit Sprachentwicklungsstörungen nicht von musikalischen Zusatzinformationen zu profitieren. So lernen Kinder mit einer unauffälligen Sprachentwicklung Kunstwörter, wenn sie ihnen vorgesungen werden. Dies gelang ihnen in der monoton gesprochenen Darbietung nicht. Kinder mit USES lernen die Wörter jedoch auch in der gesungenen

Darbietung nicht, was den Nutzen von prosodischer Überhöhung und von Liedersingen in der Sprachtherapie in Frage stellt (Sallat, Spreer & Schön in Vorb.). Eine reine musikalische Intervention, ohne das Singen von Liedern (d.h. ohne die Kombination von Sprache und Musik), kann jedoch zu einer Verbesserung der sprachlichen Verarbeitungsleistungen führen (Sallat in Vorb.).

9. Zusammenfassung

Im Beitrag wurde ein Überblick über die Struktur, Entwicklung und Verarbeitung von Sprache und Musik gegeben. Dabei wurde deutlich, dass beide Phänomene eine Reihe an Gemeinsamkeiten haben, die eine Grundlage für die Verwendung von Musik in sprachtherapeutischen Kontexten bieten können. Zum anderen sollte jedoch ebenfalls deutlich geworden sein, dass dieser Nutzen nicht zwangsläufig von den Transfereffekten einer ungestörten Musikverarbeitung abgeleitet werden kann, da sich wie zum Beispiel in der Betrachtung von Kindern mit umschriebenen Sprachentwicklungsstörungen andere Verarbeitungsmuster zeigen. Ebenfalls sind die Ausfälle infolge einer neurologischen Schädigung immer individuell unterschiedlich und lassen allgemeine Schlussfolgerungen nur bedingt zu.

Kontakt | Dr. Sallat, Stephan; Universität Leipzig, Institut für Förderpädagogik, Pädagogik mit Förderschwerpunkt Sprache und Kommunikation; Marschnerstraße 19-21, 04109 Leipzig; stephan.sallat@uni-leipzig.de

Literatur

- Bangert, M., & Altenmüller, E. (2003): Mapping perception to action in piano practice: a longitudinal DC-EEG study. *BMC Neuroscience* 4, 1 – 14.
- Bishop, D.V.M., Adams, C.V., & Rosen, S. (2006): Resistance of grammatical impairment to computerized comprehension training in children with specific and non-specific language impairments. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 41 (1), 19 – 40.
- Breuer, H., & Weuffen, M. (2000): Lernschwierigkeiten am Schulanfang: Schuleingangsdiagnostik zur Früherkennung und Frühförderung. Weinheim: Beltz.
- Brown, S. (2000): The «Musilanguage» Model of Music Evolution. In N. L. Wallin, B. Merker & S. Brown (Eds.), *The Origins of Music* (pp. 271 – 300). Cambridge: MIT Press.
- Chan, A.S., Ho, Y.-C., & Cheung, M.-C. (1998): Music training improves verbal memory. *Nature*, 396 (12), 128.
- Crain, S., & Lillo-Martin, D. (1999): *An introduction to linguistic theory and language acquisition*. Oxford: Blackwell.
- Deutsch, D. (Ed.) (1999): *The Psychology of Music*. Second Edition. San Diego: Academic Press.
- Fisher, J., Plante, E., Vance, R., Gerken, L., & Glattke, T.J. (2007): Do Children and Adults With Language Impairment Recognize Prosodic Cues? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 50, 746–758.
- Fitch, W.T. (2005): The Evolution of Language: A Comparative Review. *Biology and Philosophy*, 20 (2 – 3), 193 – 203.
- Fricke, J. P., & Louven, C. (2008): Psychoakustische Grundlagen des Musikhörens. In: H. Bruhn; R. Kopiez; A.C. Lehmann: *Musikpsychologie. Das neue Handbuch*. Reinbeck: Rowohlt, 413 – 436.
- Friederici, A.D. (1998): The neurobiology of language comprehension. In: *Language comprehension: A biological perspective* (pp. 263 – 301). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Friederici, A.D. (2002): Towards a neural basis of auditory sentence processing. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 6 (2), 78 – 84.

Originalbeitrag: Struktur, Entwicklung und Verarbeitung von Sprache und Musik

- Gaser, C., & Schlaug, G. (2003): Brain structures differ between musicians and nonmusicians. *The Journal of Neuroscience*, 23, 9240 – 9245.
- Gaumer-Becker, E. (2000): Musik in der Sprachtherapie. In: J. Pahn (Hrsg.): *Sprache und Musik: Beiträge der 71. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Sprach- und Stimmheilkunde e.V.*, Berlin, 12 – 13. März 1999 (pp. 84 – 88). Stuttgart: Steiner.
- Gruhn, W. (1998): *Der Musikverstand: Neurobiologische Grundlagen des musikalischen Denkens, Hörens und Lernens*. Hildesheim; Zürich; New York: Olms.
- Guasti, M.T. (2004): *Language Acquisition. The growth of grammar*. Cambridge MA, London: MIT Press.
- Hauser, M.D., & McDermott, J. (2003). The evolution of the music faculty: A comparative perspective. *Nature neuroscience*, 6 (7), 663 – 668.
- Ho, Y.C., Cheung, M.C., & Chan, A.S. (2003): Music training improves verbal but not visual memory: cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17 (3), 439 – 450.
- Höhle, B. (2002): *Der Einstieg in die Grammatik: Die Rolle der Phonologie/Syntax-Schnittstelle für Sprachverarbeitung und Spracherwerb*. Habilitationsschrift. Freie Universität Berlin. URL: http://barbarahoehle.de/habil_gesamt (Aufruf am 14.02.2006).
- Höhle, B. (2005): Der Einstieg in die Grammatik: Spracherwerb während des ersten Lebensjahres. *Forum Logopädie* 6, 16 – 21.
- Jentschke, S., & Koelsch, S. (2006): Gehirn, Musik, Plastizität und Entwicklung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: Beiheft* 5, 51 – 70.
- Jentschke, S., & Koelsch, S. (2009): Musical training modulates the development of syntax processing in children. *Neuroimage*, 47 (2), 735 – 744.
- Jentschke S., Koelsch, S., & Friederici, A.D. (2005): Investigating the Relationship of Music and Language in Children: Influences of Musical Training and Language Impairment. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1060, 231–242.
- Jentschke, S. (2007): Neural correlates of processing syntax in music and language. Leipzig: Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences.
- Jentschke, S., Koelsch, S., Sallat, S., & Friederici, A.D. (2008): Children with Specific Language Impairment also show impairment of music-syntactic processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20 (11), 1940 – 51.
- Jusczyk, P.W. (2002): How infants Adapt Speech-Processing Capacities to native-Language-Structure. *Current Directions in Psychological Science*, 2 (1), 15 – 18.
- Kleinen, G. (2008): Musikalische Sozialisation. In: H. Bruhn; R. Kopiez; A.C. Lehmann: *Musikpsychologie. Das neue Handbuch* (37 – 66). Reinbeck: Rowohlt.
- Koelsch, S. (2000): Brain and music: A contribution of central auditory processing with a new electrophysiological approach. Leipzig: MPI of Cognitive Sciences.
- Koelsch, S., Grossmann, T., Gunter, T. C., Hahne, A., Schröger, E., & Friederici, A.D. (2003): Children processing Music: Electric Brain responses Reveal Musical Competence and Gender Differences. *Journal of Cognitive Neurosciences*, 15 (5), 683 – 693.
- Koelsch, S., Kasper, E., Sammler, D., Schulze, K., Gunter, T., & Friederici, A.D. (2004): Music, language and meaning: brain signatures of semantic processing. *Nature Neuroscience*, 7 (3), 302 – 307.
- Koelsch, S., Schmidt, B.-H., & Kansok, J. (2002): Effects of musical expertise on the early right anterior negativity: an event-related brain potential study. *Psychophysiology* 39, 657 – 663.
- Koelsch, S., & Siebel, W.A. (2005): Toward a neural basis of music perception. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 9 (12), 578 – 584.
- Kuhl, P.K. (2004): Early Language Acquisition: Cracking the Speech Code. *Nature Reviews Neuroscience* 5, 831 – 843.
- Lerdahl, F. (2001): *Tonal Pitch Space*. Oxford University Press.
- Lerdahl, F., & Jackendoff, R. (1983): *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Magne, C., Schön, D., & Besson, M. (2003): Prosodic and melodic processing in adults and children. Behavioral and electrophysiologic approaches. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 461 – 476.
- Marin O.S.M., & Perry D.W. (1999): Neurological aspects of music perception and performance. In: Deutsch D. (Hrsg.): *The psychology of music* (653 – 724). San Diego: Academic Press.
- McMullen, E. & Saffran, J.R. (2004): Music and Language: A Developmental Comparison. *Music Perception*, 21 (3), 289 – 311.
- Meixner, F. (Hrsg.) (1994): *Sprachheilpädagogische Rhythmik*. Wien: Jugend und Volk.
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., & Besson, M. (2009): Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: more evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, 19 (3), 712 – 723.

Originalbeitrag: Struktur, Entwicklung und Verarbeitung von Sprache und Musik

- Münste, T. F., Altenmüller, E., & Jäncke, L. (2002): The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, 3 (6), 473 – 478.
- Nazzi, T., Bertoncini, J., & Mehler, J. (1998): Language Discrimination by Newborns: Toward an Understanding of the Role of Rhythm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24 (3), 756 – 766.
- Nazzi, T., & Ramus, F. (2003): Perception and acquisition of linguistic rhythm by infants. *Speech Communication* 41, 233–243.
- Nespor, M., & Vogel, I. (1983): Prosodic structure above the word. In: A. Cutler; D. R. Ladd: *Prosody: Models and measurements* (pp. 123 – 140). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Norton, A., Zipse, L., Marchina, S., & Schlaug, G. (2009): Melodic Intonation Therapy: Shared Insights on How it is Done and Why it Might Help. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1169, 431–436.
- Pahn, J. (2006): Musik und Sprachtherapie. *Logos Interdisziplinär*, 14 (2), 122 – 126.
- Patel, A. D. (1998). Syntactic processing in language and music: different cognitive operations, similar neural resources? *Music Perception*, 27 – 42.
- Patel, A. D., Peretz, I., Tramo, M., & Labreque, R. (1998): Processing prosodic and musical patterns: a neuropsychological investigation. *Brain Lang*, 61 (1), 123 – 144.
- Patel, A. D. (2003): Language, music, syntax and the brain. *Nature neuroscience*, 6 (7), 674 – 681.
- Patel, A. D. (2010). *Music, language, and the brain*. Oxford University Press, USA.
- Patel, A. D., Iversen, J. R., & Rosenberg, J. C. (2006): Comparing the rhythm and melody of speech and music: The case of British English and French. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 119, 30 – 34.
- Peretz, I., Champod, A. S., & Hyde, K. (2003): Varieties of musical disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999 (1), 58 – 75.
- Peretz, I., & Coltheart, M. (2003): Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6 (7), 688 – 691.
- Sallat, S. (2010): Musik in Sprachdiagnostik und –therapie. In: Deutsche Gesellschaft für Sprachpädagogik e.V. (Hrsg.): *100 Jahre Sprachheilschule Halle / Saale 1910 – 2010 älteste Sprachheilschule Deutschlands*. Halle: Deutsche Gesellschaft für Sprachpädagogik e. V., 137 – 141.
- Sallat, S. (2011a): Prosodische und musikalische Verarbeitung im gestörten Spracherwerb. *Sprache Stimme Gehör*, 35 (3), 142 – 147.
- Sallat, S. (2011b): Hilft Musik sprachentwicklungsgestörten Kindern? Musik im normalen und gestörten Spracherwerb. *Spracheheilarbeit*, 56 (4), 186 – 193.
- Sallat, S. (2008): *Musikalische Fähigkeiten im Fokus von Sprachentwicklung und Sprachentwicklungsstörungen*. Idstein: Schulz-Kirchner Verlag.
- Sallat S., Spreer M., & Schön D. (in Vorb.): *Missing Melody – language learning in SLI Children*.
- Schellenberg, E.G. (2004): Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15 (8), 511 – 514.
- Schlaug, G. (2001): The brain of musicians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930 (1), 281 – 299.
- Schlaug, G., Norton, A., Marchina, S., Zipse, L., & Wan, C.Y. (2010): From singing to speaking: facilitating recovery from nonfluent aphasia. *Future Neurology*, 5 (5), 657–665.
- Schlesiger C., & Evers S. (2005): Amusien – eine Einführung in das Phänomen angeborener und erworbener cerebraler Störungen der Musikalität. *Musikphysiologie und Musikermedizin* 12, 7 – 15.
- Schön, D., Boyer, M., Moreno, S., Besson, M., Peretz, I., & Kolinsky, R. (2008): Songs as an aid for language acquisition. *Cognition* 106, 975 – 983.
- Schön, D., Magne, C., & Besson, M. (2004): The music of speech: music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology*, 41 (3), 341 – 349.
- Schuppert, M., Münste, T.F., Wieringa, B.M., & Altenmüller, E. (2000): Receptive Amusia: a common symptom following unilateral cerebro-vascular cortical lesions, *Brain* 123, 546 – 559.
- Schuppert, M., & Altenmüller, E. (2001): *Test zur Überprüfung der Musikwahrnehmung*. Hannover: Hochschule für Musik und Theater, Institut für Musikphysiologie und Musiker-Medizin.
- Stewart L. (2008): Fractionating the musical mind: insights from congenital amusia. *Current Opinion in Neurobiology* 18, 127 – 130.
- Tillmann, B., Bharucha, J.J., & Bigand, E. (2000). Implicit learning of tonality: a self-organizing approach. *Psychological review*, 107 (4), 885.
- Thompson, W.F., Schellenberg, E.G., & Husain, G. (2004): Decoding Speech Prosody: Do Music Lessons Help? *Emotion*, 4 (1), 46–64.
- Weinert, S. (1991): *Spracherwerb und implizites Lernen: Studien zum Erwerb sprachanaloger Regeln bei Erwachsenen, sprachunauffälligen und dysphasisch gestörten Kindern*. Bern: Huber.

Originalbeitrag: Struktur, Entwicklung und Verarbeitung von Sprache und Musik

- Weinert, S. (2000): Sprach- und Gedächtnisprobleme dysphasisch-sprachgestörter Kinder: Sind rhythmisch-prosodische Defizite die Ursache? In: K. Müller, G. Aschersleben: Rhythmus: ein interdisziplinäres Handbuch (255 – 283). Bern: Huber.
- Werker, J.F., & Yeung, H.H. (2005): Infant speech perception bootstraps word learning. *TRENDS in Cognitive Sciences* 9, 519 – 527.
- Wermke, K. (2008): Melodie und Rhythmus in Babylauten und ihr potenzieller Wert zur Frühindikation von Sprachentwicklungsstörungen, *Logos Interdisziplinär* 16, 190 – 195.