

**Wirksamkeit eines Hörtrainings mit Musik bei Kindern
mit Sprachverständnisstörungen im Vorschulalter**

Von der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Fakultät I Bildungs- und Sozialwissenschaften

zur Erlangung des Grades

einer Doktorin der Philosophie (Dr. phil.)

genehmigte Dissertation

von Frau Kaija Früchtenicht

geboren am 29. Juni 1954 in Säynätsalo/Finnland

Referent: Prof. Dr. Dietmar Grube

Korreferent: Prof. Dr. Friedrich Linderkamp

Tag der Disputation: 24.10.2014

Danksagung

Viele Personen haben zur Entstehung dieser Arbeit in unterschiedlichster Form beigetragen. Die Namen aller Mitwirkenden an dieser Stelle zu nennen, würde den Rahmen sprengen. Sie mögen sich hiermit angesprochen fühlen.

Hauptakteure waren natürlich die zahlreichen Kinder, die mit Freude an der Studie teilgenommen haben. Ohne die Mitwirkung der Kindertageseinrichtungen, in denen die kleinen Studienteilnehmer von ihren engagierten Erzieherinnen betreut wurden, wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Stellvertretend für die engagierten Teams der Einrichtungen, die an der Studie teilgenommen haben, möchte ich mich bei den Leitungen bedanken. Sie haben mir die Möglichkeit gegeben, meine Evaluationsstudie in ihren Einrichtungen durchzuführen. Ich bedanke mich bei Heike Adams von der Kindertageseinrichtung Wallhöfen, Jutta Assmann vom Kindergarten St. Polykarp in Delmenhorst, Inge Breithaupt vom Kindergarten Habbrügger Weg in Ganderkesee, Heike Fedderwitz vom Evangelischen Kindergarten Arche in Hambergen, Birgit Geerken vom Kindergarten Schatzinsel in Hoykenkamp, Anne Hafner von der Kindertagesstätte Axtstedt, Anette Kreschner von der Kindertagesstätte Lehmberg in Ritterhude, Marita Lüllmann von der Kindertagesstätte „Frieda Mallet“ in Beverstedt, Marie-Luise Kappe und Birgit Mysegaes vom Kindergarten „Die Arche“ in Delmenhorst sowie Monika Schmidt vom Kindergarten Hohensteiner Straße in Delmenhorst. Besonders hervorheben möchte ich die Erzieherinnen Steffi Heinsohn und Ines Vankan in Hambergen und Sigrid Haberer in Wallhöfen, die meiner Studie von Anfang bis zum Ende treu geblieben sind.

Dank des ehrenamtlichen Einsatzes von Gudrun Kull, Ilse Ripken und Aenne Strube konnte die pädagogische Förderung und das Hörtraining im Kindergarten St. Polykarp in Delmenhorst sichergestellt werden.

Meinen Betreuern Dietmar Grube und Friedrich Linderkamp danke ich für das kritische Nachfragen und Uwe Minning für die Bereitstellung des technischen Materials für das Hörtraining.

Ohne die Unterstützung und Nachsicht meiner Familie, die mir in allen Lebenslagen immer wieder in technischer und moralischer Hinsicht beigestanden hat, wäre vieles auf der Strecke geblieben.

Delmenhorst im April 2014

Kaija Früchtenicht

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	8
2 Der Prozess des Hörens	11
2.1 Schall und Akustik.....	11
2.2 Das periphere Hören	12
2.3 Das zentrale Hören	14
2.3.1 Die zentrale Hörbahn	14
2.3.2 Die Hörrinden	15
2.3.3 Absteigende Bahnen	16
2.4 Funktionen der Frequenzbereiche des menschlichen Gehörs.....	16
2.5 Die pränatale Entwicklung des Hörsinns	19
2.6 Auditive Wahrnehmung und ihre Funktionen	20
3 Lernen und Gedächtnis	22
3.1 Lernen.....	22
3.2 Das phonologische Arbeitsgedächtnis	23
4 Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen	27
4.1 Begriffsbestimmung	27
4.2 Symptome	29
4.2.1 Störung der Lautdiskrimination.....	30
4.2.2 Geringe Speicherkapazität	34
4.2.3 Bedeutung der auditiven Speicherkapazität für schulisches Lernen	35
4.3 Ursachen einer auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung.....	36
4.4 Komorbide Störungen	38
4.4.1 Sprachentwicklungsstörungen	38
4.4.2 Rezeptive Sprachstörung.....	40

4.4.3 Lese-Rechtschreibstörung	45
4.4.3.1 Phonologische Bewusstheit als Vorläufer des Lese-Rechtschreiberwerbs	46
4.4.3.2 Studien zu Ursachen von Lese-Rechtschreibstörung	47
4.5 Diagnostik	49
4.5.1 Diagnostik bei Sprachentwicklungsstörungen.....	49
4.5.2 Diagnostik bei auditiven Wahrnehmungsstörungen.....	50
4.6 Therapieansätze	51
4.7 Zusammenfassung.....	53
5 Sprache und Musik	55
5.1 Strukturelle Gemeinsamkeiten	56
5.1.1 Töne und Laute.....	56
5.1.2 Besondere Merkmale der Sprachlaute.....	57
5.1.3 Prosodie – die Musik in der Sprache	63
5.1.4 Gemeinsamkeiten zwischen Kultur und Musik	65
5.2 Neuronale Verarbeitung von Sprache und Musik	67
5.2.1 Verarbeitung von Sprache	67
5.2.2 Beeinträchtigungen in der Sprachverarbeitung	68
5.2.3 Verarbeitung von Musik bei sprachauffälligen Kindern	70
6 Wirkungen von Musik.....	72
6.1. Psychologische und physiologische Wirkungsweisen	72
6.2 Wirkung musikalischer Trainings auf sprachliche Fähigkeiten.....	75
6.2.1 Wirkung auf Lautdiskrimination	76
6.2.2 Wirkung auf Prosodie	76
6.2.3 Wirkung auf die zeitliche Verarbeitung.....	77
6.2.3.1 Schnelle zeitliche Verarbeitung.....	77
6.2.3.2 Timing	78

6.2.4 Wirkung auf musikalische und sprachliche Syntax.....	79
6.2.4.1 Verarbeitung von musikalischer und sprachlicher Syntax bei Erwachsenen	79
6.2.4.2 Verarbeitung von musikalischer und sprachlicher Syntax bei Kindern	80
6.2.5 Wirkung auf verbales Gedächtnis	83
6.2.6 Wirkung auf die phonologische Schleife und die zentrale Exekutive.....	83
6.2.7 Wirkung von informellen musikalischen Aktivitäten auf die auditive Diskrimination und Aufmerksamkeit	84
6.3 Zusammenfassung.....	86
7 Hörtrainingsverfahren mit Musik	88
7.1 Tomatis-Therapie	88
7.2 Hörtherapie nach Volf	91
7.3 Hörwahrnehmungstraining nach dem AUDIVA-Verfahren	92
7.4 Individualisierte auditive Stimulation nach Johansen.....	93
7.5 Benaudira	95
8 Wirksamkeitsstudien	95
8.1 Therapie und Training von auditiven Teilleistungen	95
8.1.1 Stationäre Intensivtherapie.....	95
8.1.2 Teilfunktionsorientiertes Hörtraining.....	97
8.2 Studie zur Wirksamkeit von Theraplay® bei Kindern mit rezeptiven Sprachstörungen	98
8.3 Wirksamkeitsstudien von Hörtrainingsverfahren mit Musik	99
8.3.1 Hörwahrnehmungstraining mit AUDIVA bei Hyperakusis.....	99
8.3.2 Individualisierte auditive Stimulation nach Johansen	100
8.3.2.1 Das PEKU-Langzeitprojekt	100
8.3.2.2 Auditive Stimulation bei Sprachentwicklungsstörung	101
8.3.2.3 Auditive Stimulation bei Lese-Rechtschreibstörung	102
8.4 Zusammenfassung.....	104
9 Fragestellung und Hypothesen	106
9.1 Fragestellung	106
9.2 Hypothesen	109

10 Methode der Untersuchung	109
10.1 Auswahl der Kinder	110
10.1.1 Die Hörtrainingsgruppe	113
10.1.2 Die Kontrollgruppen	114
10.1.2.1 Wartekontrollgruppe.....	115
10.1.2.2 Pädagogische Fördergruppe.....	115
10.2 Einrichtungen	119
10.3 Testbatterie	119
10.3.1 Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses.....	120
10.3.2 Heidelberger auditives Screening in der Einschulungsuntersuchung	121
10.3.3 AUDIVA-Test-CD für die auditiven Funktionen	125
10.4 Prä- und Posttestung.....	126
10.5 Das Hörtraining.....	130
11 Ergebnisse	133
11.1 Heidelberger auditives Screening in der Einschulungsuntersuchung	134
11.1.1 Nachsprechen von Sätzen (NS).....	134
11.1.2 Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ)	136
11.1.3 Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).....	138
11.2 AUDIVA–Test-CD für die auditiven Funktionen.....	140
11.2.1 Hochttonverstehen.....	140
11.2.1.1 Hochtonttonverstehen ab 4000 Hz	141
11.2.1.2 Hochttonverstehen ab 3000 Hz	142
11.2.1.3 Hochttonverstehen ab 2000 Hz	144
11.2.2 Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.....	146
11.3 Vergleich innerhalb der Hörtrainingsgruppen in Abhängigkeit von der Beobachtungszeit ...	148
11.4 Ergebnisse ohne Kinder mit heilpädagogischem Förderbedarf	150
11.4.1 Nachsprechen von Sätzen	150
11.4.2 Wiederholen von Zahlenfolgen	151

11.4.3 Nachsprechen von Kunstwörtern.....	152
11.4.4 Hochttonverstehen.....	153
11.4.4.1 Hochttonverstehen ab 4000 Hz	153
11.4.4.2 Hochttonverstehen ab 3000 Hz	154
11.4.4.3 Hochttonverstehen ab 2000 Hz	155
11.4.5 Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.....	156
12 Diskussion der Ergebnisse	157
13 Ausblick.....	164
Literaturverzeichnis.....	166
Abbildungsverzeichnis	180
Tabellenverzeichnis	182
Anhang	185
Anhang A: Funktionsbeschreibung Hörtrainingsverfahren nach dem AUDIVA-Verfahren.....	186
Anhang B: Musikauswahl	190
Anhang C: Einverständniserklärung	191
Anhang D: Musterelternbrief 1	192
Anhang E: Musterelternbrief 2/Kontrollgruppe.....	193
Anhang F: Ergebnisprotokoll KITA /Seite 1.....	194
Ergebnisprotokoll KITA/ Seite 2.....	195
Anhang G: Ergebnisprotokoll für Eltern	196
Anhang H: Tabellen 43-49	197

1 Einleitung

Die Entwicklungsmöglichkeiten von Kindern mit Sprachstörungen sind erheblich beeinträchtigt. Von Suchodoletz (2009) berichtet von Verlaufsbeobachtungen aus denen hervorgeht, dass bei drei Vierteln der Kinder, bei denen zum Zeitpunkt der Einschulung die diagnostischen Kriterien einer Sprachentwicklungsstörung noch erfüllt sind, bis ins Erwachsenenalter hinein insbesondere Defizite im Wortschatz sowie dem Verstehen und bei der Produktion von komplexen grammatischen Strukturen nachweisbar sind. Daher plädiert er dafür, Kinder bis zum Schulalter erfolgreich zu therapieren, um ihnen eine unbeeinträchtigte, langfristige kognitive, emotionale und soziale Entwicklung zu ermöglichen.

Störungen des Sprachverständnisses fallen im Alltag im Gegensatz zu Aussprachestörungen weniger auf. Kinder haben für ihr Problem kaum eine Eigenwahrnehmung und auch unter Fachpersonal fehlt oft der professionelle Blick für Sprachverständnisstörungen (Gebhard, 2005). Viele Kinder mit rezeptiven Sprachstörungen orientieren sich in ständig wiederholenden Abläufen und gewohnten Situationen an Schlüsselwörtern und vermitteln dadurch den Eindruck, als würden sie die Fragen bzw. Anweisungen verstehen (Mathieu, 1995, zit. nach Wettig & Franke, 2005). Wie wirken sich Sprachverständnisstörungen auf Lernprozesse aus? Die Zusammenhänge zwischen Mathematik und Sprachrezeption, deren Störung auch das Lernen arithmetischer Inhalte in den Eingangsklassen beeinträchtigen, sollten nach Lorenz (2005), genauer analysiert werden.

Studien über die Wirksamkeit von Therapiemethoden bei Sprachentwicklungsstörungen sind rar. Laut einem Bericht des „Instituts für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen“ wurden in den Kategorien Screening, Diagnose und Therapieerfolge die Anforderungen im Bereich der Sprachtherapie bei weitem nicht erfüllt (Grohnfeldt, 2011). Das liegt nach Meinung von Grohnfeldt an der mangelnden Wissenschaftlichkeit der Disziplin. Im Jahr 2010 hatten ca. 85 % der Absolventinnen (> 95 % weiblich) ihre Ausbildung an Fachschulen abgeschlossen, von denen über die Hälfte in privater Trägerschaft sind. Lediglich 5 % der Absolventinnen kamen von Fachhochschulen der Logopädie mit dem Bachelor-Abschluss und 10 % hatten einen Universitätsabschluss, was auch den geringen Anteil der Forschung zum Teil erklärt (Grohnfeldt, 2011).

Laut Siegmüller (2009) liegt das Fehlen von Evaluationsstudien, die von akademischen Sprachtherapeuten durchgeführt werden, darin begründet, dass eine Sprachentwicklungsstörung auf ein sich entwickelndes, dynamisches kognitives System trifft. Es muss also bewiesen werden, dass durch die Therapie mehr Dynamik entstanden ist, als das Kind selbst besitzt (Jakoby et al., 2002, zit. nach Siegmüller, 2009). Ein direkter Bezug auf eine Prä- bzw. Postsituation besteht ihrer Meinung nach nicht, da z.B. nach dem patholinguistischen Ansatz (Kauschke & Siegmüller, 2006) der Fokus auf der Aktivierung von verlangsamten bzw. stagnierenden Entwicklungsprozessen liegt und nicht alle errungenen

Meilensteine der Sprachentwicklung sich in Tests zeigen müssen (Siegmüller, 2009). Im logopädischen Institut für Forschung in Rostock, LIN.FOR der EUFH med werden u.a. Möglichkeiten entwickelt, wie klassische Prä-Post-Designs ergänzt werden können, um die Dynamik des Spracherwerbs in der Therapieevaluation besser sichtbar zu machen (Siegmüller, 2009).

Sprachauffälligkeiten haben viele Erscheinungsformen. In dieser Arbeit stehen Kinder mit Sprachverständnisstörungen im Fokus. Das Sprachverstehen spielt eine entscheidende Rolle, nicht nur für die Sprachentwicklung, sondern auch für die gesamte Entwicklung (Zollinger, 1997). Das rezeptive Sprachvermögen wird zwar als Voraussetzung für die Sprachproduktion angesehen (Gebhard, 2005; Zollinger, 1997), die gängigen Therapiemethoden hingegen beziehen sich auf die Behandlung der expressiven Sprache.

Wie kann Kindern im Vorschulalter geholfen werden, die den Erzieherinnen¹ dadurch auffallen, dass sie offensichtlich nicht zuhören können, häufig abgelenkt wirken, sich mehrteilige Anweisungen schwer merken können und sich häufig zurückziehen? Die vorliegende Arbeit hat sich aus Beobachtungen und Erfahrungen der beruflichen Praxis entwickelt. Für die Autorin der vorliegenden Arbeit - als Sprachtherapeutin mit dem Schwerpunkt Sprachentwicklungsstörungen im Vorschulalter - stellte sich insbesondere bei komplexen phonologischen Störungen mit persistierender phonematischer Differenzierungsschwäche und Dysgrammatismus immer wieder die Frage nach einer effektiven Therapiemethode, die zu einem nachhaltigen Therapieerfolg führt. Ferner hat sie sich als Frühförderin und Fachberaterin in Integrationskindergärten mit einer Vielzahl von sehr jungen Kindern mit unterschiedlichen Entwicklungsauffälligkeiten beschäftigt und den Berufsalltag von Erzieherinnen aus nächster Nähe kennengelernt.

Es handelt sich bei der vorliegenden Studie um einen Versuch, mit wissenschaftlichen Methoden die Wirksamkeit einer Behandlungsmethode zu überprüfen, die sich in ihrer beruflichen Arbeit als effektiv herausgestellt hat. Die Datenerfassung für die Studie erstreckte sich über mehr als 3 Jahre, von März 2010 bis Juni 2013. Von den Erzieherinnen wurden insgesamt 141 Kinder für die Studie vorgeschlagen. Teilgenommen haben 92 Vorschulkinder im Alter von 4 bis 6 Jahren aus neun Kindertagesstätten in den Landkreisen Cuxhaven, Osterholz, Oldenburg sowie der Stadt Delmenhorst. Manche der Kinder wurden über einen längeren Zeitraum in mehreren Phasen beobachtet, sodass am Ende insgesamt 116 Probandendaten ausgewertet werden konnten.

Gegenstand der Arbeit ist ein Hörtraining mit technisch veränderter Musik, das u.a. bei der Behandlung von Sprachstörungen eingesetzt werden kann. Ein solches Training gehört zu den alternativen Behandlungsmethoden und gilt als umstritten (Hess, 2001; Lauer, 2014; von Suchodoletz, 2003, S. 169). In einer gemeinsamen Stellungnahme der Gesellschaft für Neuropädiatrie, der ADANO, der

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird hier und im Folgenden das generische Femininum verwendet.

Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie und der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie (DGPP) wird von Methoden wie „Hörtraining“ nach Tomatis und „Klangtherapie“ aufgrund fehlender wissenschaftlich begründeter Wirksamkeitsnachweise abgeraten (Karch, Uttenweiler, Groß-Selbeck, Kruse, Rating & Ritz et al., n. d.).

In der musikpsychologischen Forschung gibt es hingegen dank bildgebender Verfahren und objektiver Messmethoden zahlreiche Hinweise, die die positiven Auswirkungen von Musik und des Musizierens auf sprachliche Fähigkeiten belegen. Diese liegen einerseits in den strukturellen Gemeinsamkeiten von Musik und Sprache begründet, andererseits werden Sprache und Musik zum Teil in denselben Hirnregionen bzw. in sich überlappenden Regionen verarbeitet (siehe 5.2). Jones, Lucker, Zalewski, Brewer & Drayna (2009) kommen beispielsweise aufgrund ihrer Studien mit erwachsenen Patienten mit phonologischen Störungen zu dem Schluss, dass diese Personen mit Methoden behandelt werden sollten, die auf Musik basieren (siehe 6.2.1).

In Mittel-Finnland wurde ein Langzeitprojekt von 2001 bis 2007 durchgeführt, das die Wirksamkeit eines Hörtrainingsverfahrens untersucht, das auf Musik basiert. An dem Projekt nahmen 1094 Probanden mit Lern- und Konzentrationsstörungen teil (PEKU, 2007). Die darin verwendete Trainingsmethode ist in zwei kleineren Vergleichsstudien evaluiert worden (Korpilahti, Čeponiene & Näätänen, 2002; de Zwart, 2008, siehe 8.3.2). Dadurch motiviert soll in der vorliegenden Arbeit die Wirksamkeit eines Hörwahrnehmungstrainings mit technisch veränderter Musik bei der Behandlung von Sprachverständnisstörungen im Vorschulalter in einer empirischen Studie überprüft werden. Im Falle des Nachweises der Wirksamkeit könnte das Verfahren als eine evidenzbasierte Behandlungsmethode anerkannt werden (von Suchodoletz, 2003, S. 22).

Die theoretischen Grundlagen für die Evaluationsstudie werden in den ersten 8 Kapiteln der vorliegenden Arbeit behandelt. Zuerst wird ein Überblick über das Hören als einen physiologischen und zentralauditiven Vorgang sowie über seine Entwicklung gegeben. Danach werden die Grundlagen von Lernen und Gedächtnis angerissen und auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen und ihre Auswirkungen auf sprachliche Fähigkeiten sowie komorbide Störungen behandelt. Es werden Zusammenhänge zwischen Musik und Sprache erläutert, über verschiedene Wirkungen von Musik berichtet sowie Studien über den positiven Nutzen von Musik und Musizieren auf sprachliche Kompetenzen vorgestellt. Zum Schluss werden einige in Deutschland praktizierte Hörtrainingsverfahren mit Musik vorgestellt. Es gibt wenig Forschung über die Wirksamkeit von Therapien von auditiven Wahrnehmungsstörungen. Einige Therapiestudien werden am Ende des theoretischen Teils vorgestellt. Im empirischen Teil, ab Kapitel 9, werden die Fragestellung, die Hypothesen sowie die Evaluationsstudie dargestellt und die Ergebnisse diskutiert.

2 Der Prozess des Hörens

Unter Hören verstehen wir im Alltag „zuhören“, „Sprache verstehen“ oder auch „aufmerksam sein“, während damit im medizinischen und biologischen Sinne eher die Umwandlung akustischer Reize in einen Nervenreiz gemeint ist (Rosenkötter, 2003, S. 9). Die folgenden Ausführungen geben einen Überblick über den Prozess des Hörens vom Schallereignis über die Verarbeitung der akustischen Signale bis hin zum Verstehen von Sprache. Für Pietsch ist der Hörsinn der wichtigste Sinn des Menschen (Pietsch, 2011).

2.1 Schall und Akustik

Rosenkötter (2003) beschreibt, dass Schall „durch die Schwingung von fester Materie in elastischen Medien oder durch Änderungen der Massendichte ausgelöst“ wird (S. 11). „Die Schallwellen pflanzen sich in den umgebenden Medien durch Dichte- und Druckveränderungen fort, in Luft in einer Geschwindigkeit von ca. 335 m/s“ (ebd., S. 11). Akustik ist die Lehre vom Schall und von den Tönen (Franke, 2001, S. 15). Die Einheit der Schallfrequenz ist Hertz. Sie drückt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde aus und wird als Tonhöhe empfunden. Der Schalldruckpegel, der als Lautstärke oder Lautheit empfunden wird, wird in Dezibel gemessen und entspricht physikalisch der Amplitude der Schwingungen. Unser Gehör verarbeitet einen Schallpegel von 0 Dezibel (Hörschwelle), was einem Schalldruck von 20 Mikropascal (μPa) entspricht. Die Verarbeitungskapazität erstreckt sich bis zur Schmerzschwelle, die bei 120 dB liegt, was einem Schalldruck von ca. 100 Pascal entspricht. Beckedorf und Müller (2010) und Storch (2002) geben die Schmerzschwelle mit 130 dB an (Beckedorf & Müller, 2010, S. 220; Storch, 2002, S. 105). Die Erhöhung in dB entspricht nicht einer linearen, sondern einer logarithmischen Darstellung. Bei einer Tonhöhe von 1000 Hz führt eine Erhöhung des Schalldruckpegels um 10 dB zu einer Verdoppelung des Schalldrucks und eine Erhöhung um 20 dB sogar zum Hundertfachen des Schallpegels. Die Leistungsfähigkeit des menschlichen Hörsinns reicht von einem Schallpegel von 0 dB bis zur 120 dB und übersteigt somit bei weitem die der anderen Sinne (Rosenkötter, 2003, S. 11).

Tabelle 1

Verschiedene Schalldruckpegel und ihre Auswirkungen auf das Gehör (nach Rosenkötter, 2003, S. 12).

Startendes Düsentriebwerk in der Nähe	140 dB	akute, nicht reversible Schädigung des Gehörs
Rockkonzert, Trillerpfeife (in einer Entfernung von 1 Meter)	120 dB	Schmerzschwelle
Eisenbahn, Walkman	100 dB	
Lauter Straßenlärm	70-80 dB	Unbehaglichkeitsschwelle
Ruhiges Gespräch (in einer Entfernung von 1 Meter)	50-60 dB	Kommunikation beeinträchtigt
Blätterrascheln, Flüstern	20 dB	
Hörschwelle	0 dB	

Anmerkung. Die Tabelle 1 gibt Hinweise auf den Umfang der Leistungsfähigkeit des Gehörs sowie ihre Grenzen.

2.2 Das periphere Hören

Das periphere Hören ist die physikalische Weiterleitung von Schall mithilfe der Hörorgane. Die Hörorgane bestehen aus dem äußeren Ohr, dem Mittelohr und dem Innenohr (Rosenkötter, 2003). Das äußere Ohr besteht aus der Ohrmuschel und dem Gehörgang. Die nach vorne gerichtete Ohrmuschel ermöglicht das räumliche Hören mit der Unterscheidung von vorne und hinten. Sie dient ferner als Trichter für die Schallwellen und verstärkt aufgrund ihres Resonanzspektrums Töne zwischen 2000 und 5500 Hz, die durch den Gehörgang zum Trommelfell geleitet werden (siehe 2.4). Das Trommelfell verbindet den Gehörgang mit dem Mittelohr. Im Mittelohr befinden sich drei Knochen, die kleinsten des menschlichen Körpers, die in einer Kette miteinander verbunden sind: Hammer, Amboss und Steigbügel, die den Schalldruck um etwa das 30-fache erhöhen. Der am Kopf des Steigbügels befindliche Stapedius-Muskel zieht sich bei hohen Lautstärken unwillkürlich zusammen, was dazu führt, dass sich die Gehörknöchelchen versteifen. Das dämpft vor allem die Übertragung von tiefen Tönen. Darüber hinaus verbessert er die Schallqualität, indem er den Klirrfaktor reduziert. Die Straffung des Trommelfellmuskels verbessert die Schallübertragung. Die Paukenhöhle (Tympanon) ist durch die Eustachische Röhre mit dem Rachen verbunden und wird dadurch belüftet (Beckedorf & Müller, 2010, Kap. 1; Rosenkötter, 2003, S. 13f).

Das ovale Fenster bildet die Grenzstruktur zum Innenohr. Dieses besteht aus der Schnecke (Cochlea), die mit Lymphflüssigkeit (Perilymphe) gefüllt ist. Sie ist ein sich verjüngender aufgerollter Schlauch.

Im Inneren des Schlauchs befindet sich ein weiterer mit Flüssigkeit gefüllter Schlauch (Endolymphe). In der Endolymphe, auf der Basilarmembran, befinden sich die inneren und äußeren Haarzellen, was zusammen als das Cortische Organ bezeichnet wird. Dort, am Fuß der Haarzellen, beginnen die Fasern des Hörnervs, der ein Teil des VIII. Hirnnervs ist. Dieser führt zusammen mit dem benachbarten Nerven des Gleichgewichtsorgans zum Stammhirn (Beckedorf & Müller, 2010, S. 57f; Rosenkötter, 2003, S. 14f).

Vom Mittelohr werden die Schallwellen über den Steigbügelknochen durch das ovale Fenster zum Innenohr weitergeleitet. Diese Membranöffnung löst im Innenohr eine Verschiebung der dort befindlichen Flüssigkeiten aus, und es entsteht eine Wanderwelle. Die Wanderwelle löst an ihrer höchsten Stelle ein Abknicken der Haarzellen aus. Das Abknicken der Haarzellen verändert das elektrische Verhältnis zwischen dem Zellinneren und Zelläußeren. Der elektrische Impuls wandert über den Hörnerv zum Gehirn. Sehr hohe Töne, d.h. Wanderwellen mit kurzer Wellenlänge bringen die Haarzellen, die am Eingang der Schnecke, und zwar direkt am ovalen Fenster, sitzen, zum Abknicken. Lange Wellen der tiefen Töne wandern bis zur Spitze der Cochlea. Dadurch werden hohe Töne schneller ins Gehirn geleitet als tiefe Töne. So wird die Auflösung von unterschiedlichen Tonhöhen in einer räumlichen Ordnung gewährleistet. Dies wird als eine tonotope Anordnung der Schallfrequenzen bezeichnet. Dieses Prinzip setzt sich über den Hörnerv und die Hörbahn bis hin zur primären Hörrinde fort (Beckedorf & Müller 2010, S. 58f; Rosenkötter, 2003, Kap. 1.1.3).

Vor allem die inneren Haarzellen transformieren Schallwellen in elektrische Impulse und leiten sie an das Gehirn weiter. Die äußeren Haarzellen sind in der Lage, die Wanderwelle aktiv zu modulieren. Sie dienen bei geringen Lautstärken als Verstärker und bei hohen als Dämpfer (Zenner, 1986; Zenner et al., 1985, 1988, zit. nach Rosenkötter, 2003, S. 18). Diese Aktivität der äußeren Haarzellen ist an der Tonhöhenunterscheidung, der Lautheitsempfindung und der Lautdiskrimination beteiligt. Erst nach dieser Modulation wird die Wanderwelle von den inneren Haarzellen wahrgenommen und der Impuls an das Gehirn weitergeleitet (Plinkert & Zenner, 1992, zit. nach Rosenkötter, 2003, S. 19). Die aktive Bewegung der äußeren Haarzellen erzeugt Schall, was als Grundlage für die Messung der otoakustischen Emission (OAE) dient. Dabei wird die Schallproduktion der äußeren Haarzellen gemessen, um zu prüfen, ob diese gesund und funktionsfähig sind (Rosenkötter, 2003, S. 18f).

Afferente Nervenfasern, also zum Gehirn führende Fasern, beginnen überwiegend an den Synapsen der inneren Haarzellen. Bei den äußeren Haarzellen ist es genau umgekehrt: 90 % der mit ihnen verbundenen Nervenfasern liefern Impulse vom Gehirn und sind somit efferent. Sie kommen in der Mehrzahl (80 %) vom gegenseitigen Stammhirn, dem oberen Olivenkern. Ein Teil der Nervenfasern an den äußeren Haarzellen sind afferente Fasern der gleichseitigen Cochlea. So kommt es zu einer Zusammenarbeit beider Innenohren über die gegenseitigen Olivenkerne, was die Grundvorausset-

zung für beidohriges und räumliches Hören darstellt (Rosenkötter, 2003, S. 19; siehe 2.6 dieser Arbeit).

Schallwellen gelangen nicht nur über die Gehörknöchelchen zum Innenohr, sondern auch über die Knochenleitung. Diese transportiert die Schallwellen ca. 10 bis 15 Mal schneller als die Luftleitung (Beckedorf & Müller, 2010, S. 56). Die eigene Stimme wird sowohl über die Luftleitung als auch über die Knochenleitung gehört. Der Umstand, dass uns die eigene Stimme bei Aufnahmen fremd vorkommt, liegt daran, dass dabei nur der Teil unserer Stimme enthalten ist, der über die Luftleitung für andere wahrnehmbar ist (Jourdain, 2001, S. 30). Die vorauseilende Knochenleitung bereitet nach Tomatis das Mittelohrsystem auf das etwas später eintreffende Luftleitungssignal vor und macht es dadurch klarer und präziser hörbar (Beckedorf & Müller, 2010, S. 59).

Kann eine Schwerhörigkeit in den peripheren Hörorganen lokalisiert werden, wie im äußeren Gehörgang, am Trommelfell oder im Mittelohr, spricht man von einer Schallleitungsschwerhörigkeit. Ist die Cochlea betroffen, liegt eine Schallempfindungsstörung vor (von Deuster, 1997). Beethoven litt im späteren Alter, als er noch komponierte, an einer Mittelohrschwerhörigkeit. Mithilfe der Knochenleitung war er jedoch in der Lage, Klaviertöne wahrzunehmen, indem er auf ein Holzbrett biss, das er auf den Resonanzkörper seines Klaviers gelegt hatte (Beckedorf & Müller, 2010, S. 22; Spitzer, 2009, S. 57).

2.3 Das zentrale Hören

2.3.1 Die zentrale Hörbahn

Das zentrale Hören bedeutet die Wahrnehmung und Verarbeitung auditiver Informationen vom Hörnervenkern bis zur primären Hörrinde (Ptok, Berger, von Deuster, Gross, Lambrecht–Dinnesen & Nickisch et al., 2000). Die anatomischen Strukturen dieser Nervenbahn werden als die zentrale Hörbahn bezeichnet. Der Hörnervenkern befindet sich im Stammhirn, wo die Hälfte aller Fasern des Hörnervs mündet. Dort ist auch die erste Umschaltstation der Hörbahn. Die andere Hälfte verläuft zum rückwärtigen Kernanteil, wo sie zum Schleifenkern, zur Vierhügelplatte und zum Kleinhirn weitergeleitet wird. Vom Hauptanteil des Hörnervenkerns führen ca. 20 % der Fasern zum gleichseitigen und etwa 80 % zum gegenseitigen Olivenkern. Von da ziehen die Bahnen auf beiden Seiten des Stammhirns zu mehreren Umschaltstationen: zum seitlichen Schleifenkern (Lemniskus lateralis), zur unteren Vierhügelplatte (Kollculus inferior) und zum mittleren Kniehöcker (Korpus geniculatum mediale). Von dort steigen die Nervenfasern auf zur primären Hörrinde. Auf sämtlichen Ebenen der zentralen Hörbahn kommt es zu Querverbindungen der parallel laufenden Bahnen. Die Hörbahn ist eng mit der

Formatio reticularis verknüpft, die an der Regulation von Vigilanz und Erregung beteiligt ist (Beckedorf & Müller, 2010, S. 210; Rosenkötter, 2003, S. 27f; siehe 3.1).

Die Kniehöcker gehören zum Thalamus, der zusammen mit dem Hypothalamus das Zwischenhirn bildet, das zwischen dem Groß- und Mittelhirn liegt und mit beiden durch Nervenfasern verbunden ist. Das Zwischenhirn dient als Kontrollzentrum zwischen den Sinnesorganen und dem Großhirn. Durch seine engen Verbindungen zum vegetativen Nervensystem ist es an der Regulation von unbewussten psychischen und physischen Zuständen beteiligt. Die Kniehöcker sind ebenfalls mit den Mandelkernen eng verknüpft (Beckedorf & Müller, 2010, S. 36 ff; Rosenkötter, 2003, S. 29).

2.3.2 Die Hörrinden

Die primäre Hörrinde ist das Areal 41 auf der Brodman-Karte. Sie liegt größtenteils in der Sylvischen Furche, der tiefen Trennzone zwischen dem Stirnlappen, dem Scheitellappen und dem darunterliegenden Schläfenlappen. Der primäre Hörkortex ist einer tonotopen Gliederung unterzogen, wie eine Art Tonlandkarte: tiefe Töne, die aus der Spitze der Cochlea hergeleitet werden, aktivieren die Oberfläche der primären Hörrinde, hochfrequente Töne werden tief in der Sylvischen Furche repräsentiert. Vor allem reine Töne und Geräusche aktivieren, linkshemisphärisch dominant, die primäre Hörrinde (Rosenkötter, 2003, S. 30; Spitzer, 2009, S. 185).

Die sekundären Hörrinden, die Brodman-Areale 42 und 22 liegen unterhalb der primären Hörrinde. Das Areal 42 ist zuständig für das Lautheits- und Geräuschempfinden, das Areal 22 für das Ton- und Wortverständnis. Der hinten liegende Anteil des sekundären Hörfeldes wird als das Wernicke-Sprachzentrum bzw. sensorische Sprachzentrum bezeichnet. Ihm wird das Sprachverständnis zugeschrieben. Das sekundäre Hörfeld unterteilt sich in verschiedene Gebiete, die für die Verarbeitung von z.B. Frequenzen, Lautheit, Dauer oder Richtungshören zuständig sind. Die Areale 20 und 21 bilden das tertiäre Hörfeld. Sie liegen weiter unten im Schläfenlappen. Dem Areal 21 wird akustische Aufmerksamkeit zugeschrieben. In der Area 20 befinden sich Gebiete, in denen Wörter, Musik und Sprache erkannt und gespeichert werden. Zwischen den Hörzentren der linken und rechten Hemisphäre verläuft ein breites Faserbündel, der Balken (Korpus kallosum), der für den Informationsaustausch beider Zentren zuständig ist (Rosenkötter, 2003, S. 30f).

Die einlaufenden Informationen werden auch an subkortikale Zentren (Thalamus, Formatio reticularis) und über parallele Verbindungen an andere kortikale Assoziationszentren weitergeleitet. Sie werden dadurch intermodal mit anderen Sinnessystemen verknüpft und dadurch kognitiv und emotional bewertet. Diese komplexen Assoziationsprozesse sind beim Wiedererkennen, Fokussieren und Lernen sehr bedeutsam (Rosenkötter, 2003, S. 31f; siehe 3.1).

2.3.3 Absteigende Bahnen

Absteigende Bahnen geben von allen Ebenen der Hörbahn hemmende oder erregende Impulse an tieferliegende Zentren und an die äußeren Haarzellen zurück. Die Tätigkeit der Mittelohrmuskeln, des Trommelfellmuskels (*Musculus tensor tympani*) und des Steigbügelmuskels (*Muskulus stapedius*) wird durch den V. Hirnnerv (Trigeminusnerv) und den VI. Hirnnerv (Facialisnerv) moduliert (siehe 7.1). Diese sind mit der Hörrinde und der *Formatio reticularis* verbunden. Dadurch können wir uns vor zu großen Lärmbelastungen schützen: Der Steigbügelmuskel lässt ab einer bestimmten Lautstärke die Gehörknöchelkette versteifen, wodurch sich die Schallübertragung verschlechtert. Die Geschwindigkeit der Weiterleitung von Informationen ist für die Hörverarbeitung von elementarer Bedeutung. Zum Erkennen von Konsonanten müssen sprachliche Elemente von sehr kurzer Dauer, nämlich 10 bis 30 ms, erfasst werden (Rosenkötter, 2003, S. 32; siehe Abb. 4).

Neuronengruppen des Systems sind hochspezialisiert: Manche reagieren wie ein Ein- und Ausschalter nach dem Einsetzen und Ende einer Erregung, andere Neuronen erkennen Pausen, andere wiederum Tonhöhenunterschiede. Die enorme Geschwindigkeit der Signalverarbeitung, die für die Verarbeitung von Sprache und akustischen Reizen notwendig ist, scheint nur möglich zu sein, weil mehrere Prozesse gleichzeitig und parallel ablaufen (Rosenkötter, 2003, S. 33).

2.4 Funktionen der Frequenzbereiche des menschlichen Gehörs

Der Hauptfrequenzbereich des menschlichen Gehörs liegt zwischen 1000 und 5000 Hz, was dem Hauptsprachfeld entspricht (Beckedorf & Müller 2010, S. 220f). Die tieferen Töne werden direkt auf den unteren Hirnebenen mit den Gleichgewichtsimpulsen zusammengeführt und verarbeitet. Sie sind dadurch mit dem Gleichgewichtsgefühl, Körperwahrnehmung und -koordination verknüpft (ebd., S. 198, S. 211).

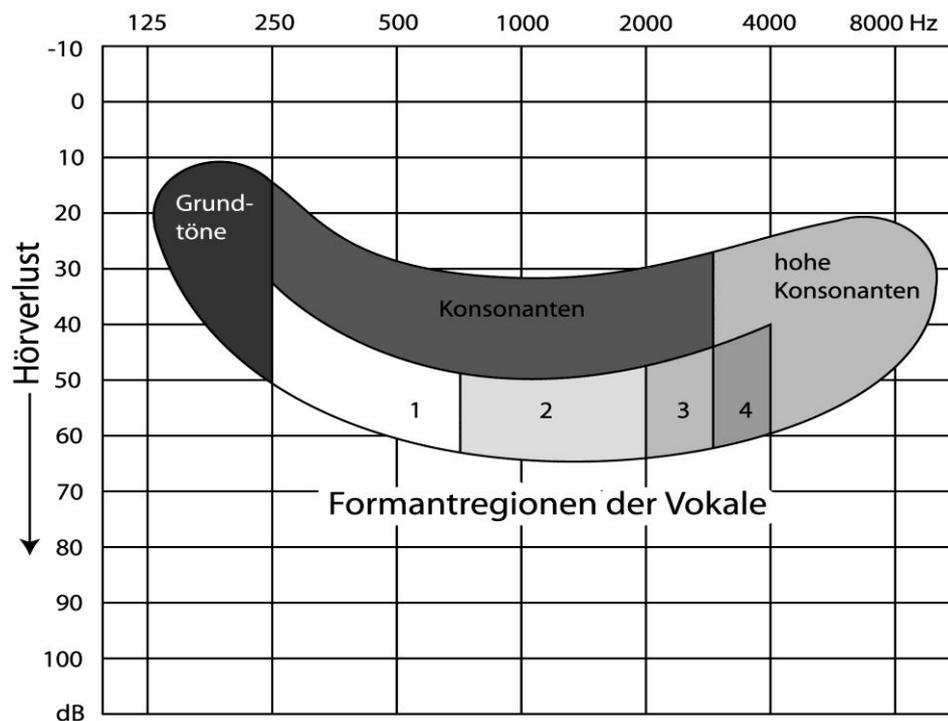


Abbildung 1. Das Sprachfeld (AUDIVA)².

Anmerkungen. Auf der x-Achse ist die Tonhöhe als Frequenz dargestellt. Auf der y-Achse ist die Lautstärke in Dezibel (dB) nach unten aufsteigend dargestellt. 1,2,3,4 stellen die Formantregionen der Vokale dar (siehe 5.1.2). Auf der Abbildung ist erkennbar, dass bei einem Hörverlust von 20 dB Grundtöne zum Teil nicht mehr wahrnehmbar sind. Bei einem etwas größeren Hörverlust sind bereits Anteile von Konsonananten betroffen (vgl. 4.2.1, 4.3 und 5.1.2).

Der Frequenzbereich oberhalb von 1000 Hz ist bedeutend für das Sprachverständnis. Laut Tomatis besitzt jede Sprache ihren spezifischen Frequenzbereich, der besonders intensiv betont wird. Im Französischen sind es wegen der vielen Nasallaute die Frequenzen um 1500 Hz. Das Englische (GB) betont besonders die Frequenzen oberhalb von 2000 Hz bis hin zu 12000 Hz (siehe auch Abb. 5 und 6). Die deutsche Sprache besitzt eine Intensitätsdichte im Bereich zwischen 100-3000 Hz (Beckedorf & Müller, 2010, S. 238f; Manassi, 1992, S. 16; Tomatis, 1996; 2004, S. 45ff).

Die Sprache wird schwer verständlich, wenn die Frequenzen unterhalb von 4000 bzw. 5000 Hz herausfiltert werden (Beckedorf & Müller 2010, S. 220; vgl. 10.3.3). Höhere Frequenzen haben auch aus anderen Gründen eine wesentliche Bedeutung für den menschlichen Hörsinn. Sie werden von der Knochenleitung schneller weitergeleitet als tiefe Töne. Durch die Resonanzeigenschaften des Gehörgangs werden die Frequenzen zwischen 2000 und 5500 Hz mehr verstärkt als andere. Die hohen Frequenzen spielen nicht nur für die Sprache eine bedeutende Rolle, sondern sie dienen auch der Orientierung im Raum (Beckedorf & Müller, 2010, S. 211ff; Spitzer, 2009, S. 63ff).

² Mit freundlicher Genehmigung von U. Minning.

Dieses ist rein physikalisch erklärbar: Schallwellen breiten sich im Raum kugelförmig aus. Wenn sie auf einen Gegenstand treffen, werden sie reflektiert, und hinter dem Gegenstand bildet sich ein Schallschatten ähnlich wie beim Licht. Sehr tiefe Töne unter 600 Hz haben sehr lange Wellenlängen, die praktisch um den Gegenstand herum fließen. Beim Richtungshören wird im Stammhirn auf der Höhe der Olivenkerne die Lautstärke zwischen dem linken und dem rechten Ohr verglichen. Bei tiefen Frequenzen kommt es aufgrund der langen Wellen zu keinem deutlichen Unterschied in der Lautstärke. Hohe Töne wie z.B. 6000 Hz empfinden wir hingegen auf dem Ohr, das der Schallquelle zugewandt ist, bis zu 20 dB lauter (Eska, 1997, zit. nach Beckedorf & Müller, 2010, S. 212). Bei niedrigen Frequenzen ist die Schwingung länger als der Kopf breit ist. Aus diesem Grund können die Laufzeitunterschiede zwischen den Gipfeln gut zur Ortung verwendet werden. Wenn sich allerdings die Länge der Schwingung der Breite des Kopfes nähert oder kleiner wird - die Grenze liegt bei etwa 2000 Hz -, sind Laufzeitunterschiede kaum noch zuzuordnen und können nicht mehr zur Ortung verwendet werden. Das Richtungshören funktioniert am schlechtesten bei Frequenzen zwischen 1500 und 2000 Hz, da weder die Phase noch der Schallschatten brauchbare Informationen liefern (Warren, 1999, zit. nach Spitzer, 2009, S. 71).

Tomatis hat aufgrund seiner Erfahrungen mit seinen Patienten einen Zusammenhang zwischen Tonhöhen und Körperresonanzen entdeckt. Nach dieser „Geographie der Töne“ hat er den Bezug unterschiedlicher Frequenzen zur Wirbelsäule bestimmt. 8000 Hz entspricht der oberen Schädeldecke, 6000 Hz dem Hinterkopf und 4000 Hz dem Atlas. Weiter absteigend entsprechen immer tiefere Frequenzen verschiedenen Wirbeln. Das Becken korrespondiert schließlich mit 250 Hz (Beckedorf & Müller, 2010, S. 228). In der Hörtherapie nach Volf werden in der Diagnostik drei Stimmgabeln eingesetzt (128 Hz, 256 Hz und 512 Hz), die an bestimmte Stellen am Körper angesetzt werden. Volf hatte herausgefunden, dadurch Blockaden organischen Ursprungs erspüren zu können (Kleener, 1962; siehe 7.2).

Wie bereits angeführt, befinden sich am Anfang der Cochlea die Haarzellen für die hohen Frequenzen. Somit werden sie zuerst weitergeleitet. Eine Bedeutung dürfte sein, Wachheit und Aufmerksamkeit hervorzurufen. Das Hören von hohen Tönen regt an, macht wach und aufmerksam. Tomatis betont auch die Rolle des Ohrs als Energiezentrale. Es versorgt die Hirnrinde mit Energie. Unser Gehirn braucht neben Sauerstoff und Nährstoffen Stimuli, die in Form von elektrischen Potentialen aus den Sinnesorganen stammen. Etwa 90 % dieser Energie stammt aus dem Hörsinn, welche fast ausschließlich durch den Empfang hoher Frequenzen entsteht (Manassi, 1992, S. 17f).

2.5 Die pränatale Entwicklung des Hörsinns

Bereits am 22. Tag nach der Befruchtung der Eizelle beginnt das Innenohr sich zu differenzieren (Pietsch, 2011). Das Hörsystem ist in der 16. Schwangerschaftswoche bereits weitgehend entwickelt (Beckedorf & Müller, 2010; Nilsson, 2003, zit. nach Hannon & Schellenberg, 2008). Mit dem Abschluss der Entwicklung der Hörorgane ab ca. der 25. Schwangerschaftswoche beginnen die ersten Hörerfahrungen und -erinnerungen des Fetus. Die Cochlea, die Hörbahn und der Neocortex sind soweit entwickelt, dass die Weiterleitung der Nervensignale gelingt (Beckedorf & Müller, 2010, S. 60; Hannon & Schellenberg, 2008; Partanen, Kujala, Tervaniemi & Huotilainen, 2013). Gegen Ende der Schwangerschaft ist auch die Aktivität der Haarzellen für sehr hohe Töne nachweisbar (Beckedorf & Müller, 2010, S. 73). Laut Rosenkötter ist das Erleben hoher Frequenzen erst nach der Geburt möglich (Rosenkötter, 2003, S. 189).

Nach dem Ansatz von Tomatis ist es jedoch denkbar, dass der Fetus bereits davor auf der zellulären Ebene Resonanzerfahrungen im Bereich sehr hoher Frequenzen macht. Der Kontakt zu hohen Frequenzen wird danach eng mit sehr frühen Bindungserfahrungen verknüpft. Das Fruchtwasser überträgt allerdings besser tiefe Töne. Die Mutterstimme wird doppelt so laut wie andere Stimmen oder Geräusche wahrgenommen. Tomatis ging davon aus, dass der Fetus auch über die Knochenleitung hört, und zwar die Anteile der mütterlichen Stimme, die über die Wirbelsäule und das Becken der Mutter über seinen Schädel in sein Innenohr gelangen, vorausgesetzt der Kopf liegt im Becken. Die Knochensubstanz leitet stärker mittlere (1500-3000 Hz) und hohe Frequenzen bis 19000 Hz (Beckedorf & Müller, 2010, S. 76).

In der Gebärmutter herrscht aufgrund der Eigengeräusche der mütterlichen Organe eine ständige Geräuschkulisse im Tieftonspektrum von etwa 65 dB, was einer normalen Gesprächslautstärke entspricht. Diese wird allerdings vom Fetus gedämpft wahrgenommen. Nach Tomatis bedeutet das Horchen der hohen Frequenzen der mütterlichen Stimme über die Knochenleitung in dieser Geräuschkulisse ein erstes Training in der Filterung von Störgeräuschen (Tomatis, 1994, zit. nach Beckedorf & Müller, 2010, S. 76).

Neugeborene bevorzugen die eigene Muttersprache. Wenn die Sprache so gefiltert wird, dass nur die tiefen Frequenzen übrig bleiben, führt es zu einer Konzentration der Grundtonhöhe und des Sprachrhythmus (Hannon & Schellenberg, 2008). Dadurch sind Neugeborene in der Lage, eine Fremdsprache von einer anderen zu unterscheiden. Sie haben ein Gefühl für die zeitliche Struktur der Sprache, und können eine betonungsorientierte Sprache (*stress-timed*) wie Deutsch und Englisch von einer silbenorientierten Sprache (*syllable-timed*) wie Französisch, Italienisch oder Spanisch unterscheiden. Ebenso können französische Neugeborene Aufnahmen in Englisch von Aufnahmen in japanischer

Sprache differenzieren, die einer anderen Sprachkategorie gehört (Gervain & Werker, 2013; Hannon & Schellenberg, 2008).

In einer Studie mit 24 Schwangeren konnte nachgewiesen werden, dass Neugeborene und junge Säuglinge in der Lage sind, sich an die Musik zu erinnern, die die Mutter während der Schwangerschaft oft hörte (Partanen, Kujala, Tervaniemi & Huotilainen, 2013). Die eine Hälfte spielte ihren Ungeborenen im letzten Schwangerschaftsdrittel, ab der 29. Woche, fünfmal in der Woche eine kurze CD mit unterschiedlichen Melodien vor. Gleich mehrfach war auch das Kinderlied „Twinkle, Twinkle, Little Star“ dabei. Auf diese Weise hörten die Ungeborenen das Lied je nach Schwangerschaftsdauer zwischen 138 und 192 Mal. Die andere Hälfte der werdenden Mütter bildete die Vergleichsgruppe ohne regelmäßige Musikbeschallung des Ungeborenen (ebd.).

Bald nach der Geburt wurden die Hirnaktivitäten der Babys gemessen. Während sie schliefen, bekamen sie neunmal das „Twinkle“-Lied zu hören, zum Teil mit leicht veränderten Tönen. Dieselbe Untersuchung wurde mit vier Monate alten, wachen Kindern wiederholt. Die gemessenen Hirnstrommuster wurden auf ereigniskorrelierte Potentiale (EKP oder ERP) analysiert. Diese treten beim Wahrnehmen von Sinneseindrücken oder beim kognitiven Verarbeiten auf. Sowohl nach der Geburt als auch im Alter von vier Monaten zeigten die Kinder aus der „Musik-Gruppe“ stärkere ERPs als die Kontrollgruppe. Darüber hinaus wurde registriert, dass die ERP-Kurven auf veränderte bzw. unveränderte Töne umso stärker ausschlugen, je öfter das Kind die Melodie im Mutterleib gehört hatte. Die Untersuchung zeigt, dass im auditiven Cortex der Ungeborenen Gedächtnisspuren gespeichert werden, die Monate später noch abrufbar sind (ebd.).

Die Ergebnisse von Partanen et al. unterstützen frühere Erkenntnisse, nach denen Neugeborene auf Geräusche und Melodien reagieren, die sie aus dem Mutterleib kennen. Die Zeit bis zum Alter von sechs Monaten gilt als kritisch für die Entwicklung des auditiven Cortexes. Da Musik und Sprache über ähnliche Mechanismen verarbeitet werden (siehe 5.2 und Kap. 6), vertreten Partanen und seine Kollegen die Position, dass das frühe Musikhören auch die Sprachentwicklung fördern kann. Andererseits geben sie zu bedenken, dass ein lauter Arbeitsplatz oder unangenehme Geräusche in Frühgeborenen-Stationen die frühe Gehirnentwicklung negativ beeinflussen könnten, was mit neuen Forschungen belegt werden sollte (Partanen et al., 2013).

2.6 Auditive Wahrnehmung und ihre Funktionen

Laut Pietsch (2011) hört der Mensch „nicht mit den Ohren, sondern mit dem Gehirn“ (S. 178). Bei der auditiven Wahrnehmung geht es um die Erfassung, Weiterleitung, Verarbeitung, und Bewertung auditiver Informationen. Es geht nicht um das Hören an sich, sondern um die Erfassung des Gehörten

und seine Verarbeitung durch das Gehirn. Wie eingangs dargestellt wurde, werden einfache Impulse in einem bottom-up-Prozess analysiert und verarbeitet, welche in immer komplexeren Kognitionsprozessen eingebunden werden. Auf der untersten Ebene werden Geräusche und Töne verarbeitet, auf einer höheren Ebene Laute analysiert, danach Silben, Reime und Wörter. Schließlich wird aus der Gesamtheit von lautlichen Segmenten Sprache wahrgenommen. Dies ist der Übergang von der auditiven Wahrnehmung zum Sprachverständnis (Rosenkötter, 2003, S. 35; siehe 10.3.1).

Die auditive Wahrnehmung wird von anderen Prozessen beeinflusst, die kognitiv von einer übergeordneten Ebene auf sie einwirken und modifizieren. Sie werden als top-down-Prozesse bezeichnet. Dazu gehören u.a. Vigilanz, selektive Aufmerksamkeit, Emotion und Gedächtnis (das Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis). Sie sind wichtige Voraussetzungen für jedes Lernen, einen Prozess, mit dessen Hilfe wir uns die Welt aneignen. Lernen und Anpassung sind sowohl ein Ziel als auch ein Teil der Wahrnehmung (Rosenkötter, 2003, S. 36; siehe Abb. 3 sowie 3.1).

In Anlehnung an die American Speech-Language-Hearing Association (ASHA, 1996) führt Rosenkötter (2003) die wichtigsten Funktionen der auditiven Wahrnehmung an. Ihre Störungen werden im Abschnitt 4.2 genauer behandelt. Die kursivgedruckten englischsprachigen Bezeichnungen stammen von ASHA (1996, zit. nach Rosenkötter, 2003):

- Richtungshören und Lateralisation (*sound localization and lateralization*). Mithilfe des Richtungshörens sind wir in der Lage, eine Geräuschquelle im Raum sowie ihre Richtung und Entfernung zu orten. Die Lateralisation bedeutet, eine seitlich gelegene Schallquelle links oder rechts von der Kopfachse zu orten. Mit der Seitenzuordnung können wir feststellen, ob ein Geräusch zuerst rechts oder links dargeboten wird. Dazu gehört auch das dichotische Hören. Damit ist die Fähigkeit gemeint, unterschiedliche Wörter zu verstehen, die gleichzeitig links bzw. rechts dargeboten werden (Rosenkötter, 2003, S. 36; vgl. Abschnitte 5.2.2; 7.4; 8.3.2).
- Die Fähigkeit, unterschiedliche Lautstärken zu differenzieren (*intensity*). Dazu zählt auch die Unbehaglichkeitsschwelle, ab der eine Lautstärke als zu laut empfunden wird (Rosenkötter, 2003, S. 37; vgl. Tabelle 1).
- Die Lautdiskrimination, die auch als Wahrnehmungstrennschärfe bezeichnet wird (*auditory discrimination*), bedeutet die Fähigkeit, ähnlich klingende Geräusche oder Phoneme voneinander zu unterscheiden (Rosenkötter, 2003, S. 37; vgl. Abschnitte 4.2.1; 5.1.1 und 5.2.2).
- Die Fähigkeit, unterschiedliche Rhythmen und Tonhöhen zu erkennen, die im angelsächsischen Raum als *auditory pattern recognition* bezeichnet wird (Rosenkötter, 2003, S. 37; vgl. Abschnitte 5.1.3, 5.2.3 und 6.2.3).
- Die zeitliche Verarbeitung von Tönen, Geräuschen und Sprache (*temporal aspects of hearing*) beinhaltet mehrere Teilaspekte (vgl. Abschnitte 5.1.3; 5.2.2; 5.2.3 und 6.2.4):

- Das Erkennen von kurzen Signalunterbrechungen oder einer Pause in einem Geräusch (*gap detection* [siehe 2.6]).
- Die Fähigkeit, zeitlich versetzte und sich gegenseitig verdeckende Signale zu differenzieren (*masking*). Das beinhaltet auch die Fähigkeit, irrelevante Sprache herauszufiltern (vgl. Abschnitte 3.2 und 7.4).
- Die Fähigkeit, ein zeitlich gedehntes bzw. komprimiertes Schallereignis oder Wort zu erkennen (*integration*), wie z.B. zeitkomprimierte Sprache zu verstehen.
- Die Fähigkeit, zwei unterschiedliche Töne oder Geräusche, die kurz hintereinander einem Ohr angeboten werden, in die richtige Reihenfolge (Sequenz) zu bringen (*time order*). Diese Fähigkeit ist die Voraussetzung für das korrekte Wiederholen von Zahlenfolgen und Silben in der richtigen Reihenfolge zu wiederholen (Rosenkötter, 2003, S. 37; vgl. Abschnitt 10.3.2).
- Die Filterung von Nutzschaall vom Störschaall bedeutet die Fähigkeit, gleichzeitige, störende Geräusche zu unterdrücken, um ein Geräusch oder Sprache wahrzunehmen (*decrements with competing acoustic signals*), was z.B. in einem lauten Klassenraum eine große Herausforderung darstellen kann (Rosenkötter, 2003, S. 37; vgl. Abschnitte 4.2.1. und 4.4.2).
- Das Erkennen von unvollständigen, veränderten oder abgeschwächten akustischen Signalen, wie Sprache in ungünstigen Schallbedingungen, wie z.B. Ansagen an Bahnhöfen verstehen, oder Sprache verstehen, aus der hohe oder tiefe Frequenzen herausgefiltert worden sind (*decrements with degraded acoustic signals*) (Rosenkötter, 2003, 37f; vgl. Abschnitt 10.3.3).

3 Lernen und Gedächtnis

3.1 Lernen

„Lernen ist ein Prozess, bei dem es zu überdauernden Änderungen im Verhaltenspotential als Folge von Erfahrungen kommt“ (Hasselhorn & Gold, 2009, S. 35). Der Erwerb der Muttersprache erfolgt zum Beispiel überwiegend durch implizites Lernen (Rosenkötter, 2003, S. 47). Implizites bzw. unbewusstes Lernen vollzieht sich in Situationen, in denen die Person Strukturen beiläufig in einer relativ komplexen Reizumgebung lernt, und in einer Weise, dass das resultierende Wissen schwer zu verbalisieren ist. Implizites Lernen ist wenig von Aufmerksamkeit abhängig (Kiesel & Koch, 2012).

Lurija erklärt die Grundlagen für Lernen und Entwicklung mit den funktionellen Einheiten des Gehirns. Die erste Einheit, die *Formatio reticularis*, entwickelt sich zuerst und ist zuständig für die Steuerung von Tonus und Wachheit. Nach der ersten Einheit entsteht die zweite Einheit. Ihre Aufgabe besteht in der Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung von Informationen, die über die Sinnesorgane

von der Außenwelt eintreffen. Die dritte Einheit, die für die Programmierung, Steuerung und Kontrolle psychischer Tätigkeiten verantwortlich ist, entwickelt sich nach der zweiten Einheit. Alle funktionellen Einheiten des Gehirns sind in einem ständigen Austausch miteinander und bedingen sich gegenseitig. Daher ziehen Defizite der Funktionen in der jeweils unteren Einheit Defizite auf den darüber liegenden Funktionen nach sich (Lurija, 1992/2001, S. 39).

Die Plastizität des Gehirns hat eine zentrale Rolle während der kortikalen Entwicklung. Lernen und Veränderungen in Entwicklungsverläufen beeinflussen Kognitionsprozesse und ihre neuronalen Grundlagen. Dabei werden neue Nervenverbindungen gebildet, bestehende gestärkt und neues Hirngewebe hinzugewonnen. Die simultane Erregung von präsynaptischer und postsynaptischer Zelle ist nach der Hebb'schen Regel die neurophysiologische Grundlage für das Lernen (Pinel, 2001, S. 440f; Spitzer, 2000, S. 43f). Weitere Ausführungen über neurophysiologische Grundlagen des Lernens befinden sich in Abschnitt 6.1.

Mithilfe von Sprache werden Wissensstrukturen des Langzeitgedächtnisses erworben. Sprache hat eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für das verfügbare Wissen und die Entwicklung des Gedächtnisses. Für die Entwicklung der Sprache, insbesondere für den Wortschatzerwerb kommt dem Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis eine besondere Rolle zu. Darüber hinaus hat das Gedächtnis eine besondere Bedeutung bei der Speicherung und Verarbeitung nicht analysierter sprachlicher Einheiten. Dieses dient als Grundlage für den Aufbau des sprachlichen Regelwissens (Weinert, 2010).

Gedächtnispuren für Phoneme befinden sich im linken hinteren auditiven Cortex nahe bzw. im Wernicke Areal als permanente oder semipermanente Repräsentationen und dienen als Abgleichmuster im Prozess der Sprachwahrnehmung. Sie entwickeln sich für die Muttersprache in den ersten Lebensmonaten, spätestens bis zum Alter von 12 Monaten. Der Erwerb der Präzision von Phonem-Mustern ist nur im frühen Kindesalter möglich. Die Entwicklung der Gedächtnispuren für Phoneme ist - zumindest nach dem frühen Kindesalter - aufmerksamkeitsabhängig (Näätänen, 2001).

3.2 Das phonologische Arbeitsgedächtnis

Baddeley (1992) beschreibt das Arbeitsgedächtnis folgendermaßen: "The term working memory refers to a brain system that provides temporary storage and manipulation of the information necessary for such complex cognitive tasks as language comprehension, learning and reasoning" (S. 556). Der Fokus der vorliegenden Studie liegt auf Sprache, deren Wahrnehmung und der Rolle des auditiven Arbeitsgedächtnisses in Sprachverarbeitungsprozessen. Baddeley schlägt die Unterteilung in ein Kurzzeitgedächtnis bzw. Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis vor. Der Begriff der phonologischen Schleife (phonological loop), die einer zentralen Exekutive untergeordnet ist, wurde von Bad-

deley und Hitch (1974) in ihrem Arbeitsgedächtnismodell geprägt. Baddeley (1986) überarbeitete die Theorie des Kurzzeitgedächtnisses bzw. Arbeitsgedächtnisses. Zwei Systeme dienen diesen Instanzen als Assistenten: ein räumlich-visueller Notizblock und eine phonologische Schleife. Im visuell-räumlichen Notizblock werden bildhafte Eindrücke registriert, und in der phonologischen Schleife sprachliche Informationen verarbeitet. Diese beiden Bereiche sind im ständigen Austausch mit „der zentralen Exekutive“. So entsteht ein komplexer Sinnzusammenhang. Die zentrale Exekutive nimmt aktuelle Informationen auf, vergleicht sie mit dem Langzeitgedächtnis und überprüft, ob dort bereits Einträge vorhanden sind. Die Informationsmenge, die in der phonologischen Schleife verarbeitet werden kann, bezeichnet Baddeley als Speicherkapazität. Diese entspricht der Materialmenge, die man in 1,5 bis 2 Sekunden im Arbeitsgedächtnis mental artikulieren kann. Es wird die These vertreten, dass ein entscheidender Faktor die Geschwindigkeit ist, mit der wir das Klangmaterial memorieren können (Baddeley, Gathercole & Papagno, 1998).

Die phonologische Schleife besteht aus einem phonologischen Speicher und einem artikulatorischen Rehearsal-Prozess. Dieses subvokale Nachsprechen scheint in Echtzeit stattzufinden. Je mehr Silben ein Wort hat, umso länger dauert der Rehearsal-Prozess. Daraus ergibt sich der Wortlängeneffekt, d.h. dass bei längeren Wörtern die Leistung des Arbeitsspeichers schlechter ist als bei kurzen Wörtern. Mit zunehmendem Alter können Kinder immer längere Wörter im Arbeitsgedächtnis speichern, was mit einer schnelleren Artikulationsrate erklärt wird. Der Kontrollprozess leistet auch die artikulatorische Umkodierung von visuellen Reizen, also von Bild in Wort. Beide Komponenten der phonologischen Schleife, der Speicher und der Rehearsalprozess scheinen bis zum Alter von etwa 4 Jahren – möglicherweise schon früher - vorhanden zu sein (Gathercole & Hitch, 1993). Die Gedächtnisspanne wird in Baddeleys Modell noch von weiteren Faktoren beeinflusst. Dazu gehören die artikulatorische Unterdrückung, der phonematische Ähnlichkeitseffekt und der Effekt der irrelevanten Sprache. Die Reproduktionsleistung verschlechtert sich demnach, wenn die Versuchsperson während der Darbietung der Items einen irrelevanten Laut wiederholt (wie z.B. bla-bla), wenn sich die Itemwörter klanglich ähneln, oder wenn während der Reproduktionsaufgabe im Hintergrund Sprachschall dargeboten wird. Dabei kann es sich auch um eine Fremdsprache handeln (Gathercole & Hitch, 1993; Hasselhorn, Grube & Mähler, 2000). Der phonematische Ähnlichkeitseffekt ist altersabhängig. Bei 4-jährigen Kindern wird die Leistung des Arbeitsspeichers nicht bei phonematisch ähnlichen Wörtern beeinträchtigt, während es bei 5-jährigen Kindern bereits der Fall ist (Hulme, 1984).

Hasselhorn hat mit seinen Mitarbeitern hinsichtlich der Komponenten des Arbeitsgedächtnismodells von Baddeley und deren funktionalen Merkmalen mehrere Untersuchungen durchgeführt (Hasselhorn & Mähler, 2000, zit. nach Hasselhorn et al., 2000). Sie haben das Zwei-Komponenten-Modell Baddeleys aufgrund von Ergebnissen einer Vergleichsstudie mit 10-jährigen lernbehinderten Kindern und 7-jährigen unauffälligen Kindern mit dem gleichen Intelligenzniveau weiter ausdifferenziert. Da-

bei verfügten die älteren lernbehinderten Kinder zwar über eine schnellere Sprechrate als die jüngeren, waren aber hinsichtlich des Wortlängeneffekts den jüngeren unterlegen. Welches Merkmal des Rehearsalprozesses ist also für den Wortlängeneffekt verantwortlich? Hasselhorn und seine Arbeitsgruppe schlagen vor, das Modell um weitere Merkmale zu erweitern. Innerhalb des phonetischen Speichers wird der subvokale Rehearsalprozess durch die Geschwindigkeit und die Aktivierungsleichtigkeit bedingt. Ferner plädiert die Arbeitsgruppe dafür, zwischen der Größe und der Verarbeitungspräzision des phonetischen Speichers zu unterscheiden (Hasselhorn et al., 2000). Dieses Modell ist in der Abbildung 2 schematisch dargestellt. Die Komponenten der phonologischen Schleife, ihre funktionalen Merkmale und die Anforderungen im sprachlichen Kontext sind in der Tabelle 2 dargestellt.

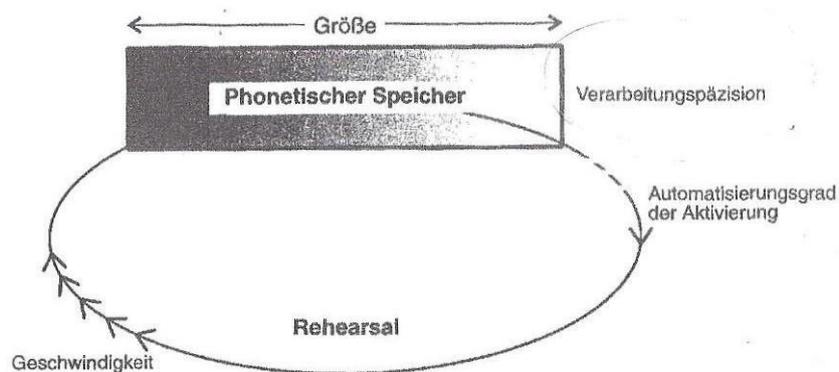


Abbildung 2. Das erweiterte Modell der phonologischen Schleife (Hasselhorn, M., Grube, D. & Mähler, C. (2000). Theoretisches Rahmenmodell für ein Diagnostikum zur differenziellen Funktionsanalyse des phonologischen Arbeitsgedächtnisses. In M. Hasselhorn, W. Schneider & H. Marx (Hrsg.), Diagnostik von Lese-Rechtsschreibschwierigkeiten (S. 174). Göttingen: Hogrefe).

Tabelle 2

Hypothetische Zuordnung der Komponenten der phonologischen Schleife, der funktionalen Merkmale und der empirischen Indikatoren nach Hasselhorn, Grube & Mähler (2000, S. 176).

Komponente	Funktionales Merkmal	Empirische Indikatoren
Phonetischer Speicher	Größe	Kunstwörter Nachsprechen
	Verarbeitungspräzision	Akustischer Ähnlichkeitseffekt Effekt irrelevanter Sprache
Subvokales Rehearsal	Geschwindigkeit	Sprechrate
	Automatisierungsgrad der Aktivierung	Wortlängeneffekt Effekt artikulatorischer Unterdrückung

Alterszunahmen des phonologischen Speichers im Schulalter und dessen Abbau im hohen Alter sind nach diesem Modell am besten auf die Veränderungen in der Geschwindigkeit des subvokalen Rehearsalprozesses zurückzuführen (Grube, Hasselhorn & Weiss, 1998; Hasselhorn et al., 2000).

Ergebnisse der Untersuchungen zum Nachsprechen von Kunstwörtern mit sprachentwicklungsgestörten und sprachunauffälligen Kindern von Hasselhorn und seiner Arbeitsgruppe bestätigen die Befunde einer Untersuchung von Baddeley und Gathercole von 1990 mit einer kleinen Stichprobe, dass eine spezifische Sprachentwicklungsstörung durch Defizite in der Verarbeitungspräzision des phonemischen Speichers zumindest mit verursacht wird (Hasselhorn, 1999, zit. nach Hasselhorn et al., 2000). Da nur längere Kunstwörter betroffen sind, kann alternativ von einer geringen Kapazität des Speichers ausgegangen werden (Hasselhorn et al., 2000).

Baddeley und Logie haben 1992 die Funktion der phonologischen Schleife auch für die Verarbeitung von Musik erweitert. Diese Position wurde durch Studien über die Reproduktion von Zeitintervallen von Grube (1998) bestätigt. Danach dient die phonologische Schleife neben der Verarbeitung von sprachlichen Klängen auch der Verarbeitung von Rhythmen und Melodien (Grube, 1998; Sallat, 2007, 2008, 2011).

Im CRS-Modell (Central Sound Representation) von Näätänen und Winkler (1999) wird das sensorische Gedächtnis (*echoic memory*) als ein zentrales Konzept verwendet. Ein auditives Ereignis kann nach Näätänen (2001) lediglich in Form von CSR in das Langzeitgedächtnis gelangen, vorausgesetzt die Intensität des Ereignisses übersteigt die Aufmerksamkeitsschwelle, die von mehreren Mechanismen abhängig ist. In dem Modell sind mentale Operationen wie visuelle Vorstellungen und Rehearsal integriert. Die CSR bestimmt die Präzision der Wahrnehmung, des sensorischen Gedächtnisses (*echoic memory*), des Erkennens und der Diskrimination von Schallereignissen und stellt eine enge Verbindung zwischen der Wahrnehmung von Schallereignissen und dem sensorischen Gedächtnis her. Die auditiven (sensorischen) Gedächtnisspuren dienen als Grundlage für die Messungen von MMN-Reaktionen, die in Kap. 4.2.1 dieser Arbeit vorgestellt werden (Näätänen, 2001).

Bei jungen Grundschulkindern sind die Leistungen in Hörverstehen, Sprachwahrnehmung und auditiver Aufmerksamkeit stärker beeinträchtigt als bei Erwachsenen, wenn sie auditiven Distraktoren wie Klassenlärm, hallenden Räumen oder irrelevanter Sprache ausgesetzt sind. Dabei können Erstklässler Hintergrundgeräusche und irrelevante Sprache schlechter unterdrücken als Drittklässler. Das Verstehen von Handlungsanweisungen beansprucht bei ihnen auch das phonologische Arbeitsgedächtnis, das bei irrelevanter Sprache beeinträchtigt ist, während die Fähigkeit, Laute zu diskriminieren, besonders unter Störgeräuschen leidet (Klatte, Lachmann & Meis, 2010; Klatte, Lachmann, Schlittmeier & Hellbrück, 2010).

Wie bereits in 3.1 angeführt, erfolgt die Speicherung in verschiedene Gedächtnisbereiche nach der Hebb'schen Regel. Die simultane Erregung von präsynaptischer und postsynaptischer Zelle (*co-*

occurrence) wird als ein wesentlicher Faktor für Neuroplastizität angesehen. Die simultane Zellerregung gilt als die physiologische Voraussetzung für Lernen und Gedächtnis (Pinel, 2001, S. 440f). Der Verlust oder Einschränkung an Input kann jedoch auch zum Verlernen führen. Nach dem Entfernen von Ohrenschmalz dauert es mehrere Wochen, bis sich das räumliche Hören wieder normalisiert hat (Rosenkötter 2003, S. 48). Manche Kinder wie z. B. Kinder mit Down Syndrom, neigen dazu, viel Ohrenschmalz zu produzieren. Darüber hinaus liegt bei Kindern mit Down Syndrom häufig eine Hörstörung vor (Storm, 1995, zit. nach Wilken, 2003, S. 34).

4 Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen

4.1 Begriffsbestimmung

In der Literatur finden sich viele synonym verwendete Bezeichnungen desselben Phänomens (Rosenkötter, 2003), wie Hörverarbeitungsstörung, zentral-auditive Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörung, zentrale Schwerhörigkeit, zentrale Hörstörung, zentrale Fehlhörigkeit oder rezeptive Hörstörung. In der englischsprachigen Literatur werden die Bezeichnungen, *central auditory processing disorder* (CAPD), *auditory perception disorder* (Rosenkötter, 2003, S. 78f) sowie *auditory processing disorder* verwendet (Lauer, 2014).

Teilweise wurde bislang die Unterteilung zwischen einer auditiven Verarbeitungsstörung und einer Wahrnehmungsstörung vorgenommen. Eine auditive Verarbeitungsstörung liegt dann vor, wenn die zentrale Weiterleitung und Verschaltung von Nervenimpulsen zwischen den Hörnervenkernen und der zentralen Hörbahn beeinträchtigt ist, wobei die subkortikalen Zentren und das Kleinhirn mit einbezogen sind. Die Symptome sind sehr komplex. Kurz gefasst bezeichnet man als auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung eine Störung der Aufbereitung und Auswertung der Nervenimpulse im auditiven Cortex. Es sind zentrale Prozesse betroffen (Hess, 2001; Ptok, Berger, von Deuster, Gross, Lambrecht-Dinnesen & Nickisch et al., 2000; Rosenkötter, 2003, S. 79).

Wirth und Rosenkötter sehen aus anatomischen und physiologischen Gründen in der Wahrnehmung und Verarbeitung auditiver Informationen einen kontinuierlich parallel auf allen Ebenen ablaufenden Prozess, wie z. B. bei der Lautheitsunterscheidung und Lautdiskrimination, die sowohl in der Cochlea, der zentralen Hörbahn als auch in den kortikalen Zentren analysiert und verarbeitet werden (Wirth 2000; Rosenkötter 2003, 96ff), während Schönweiler und Ptok eine topische Zuordnung einzelner Funktionen darstellen (Ptok, 2001, zit. nach Rosenkötter, 2003).

Führende deutsche HNO-Ärzte haben sich im Jahr 2000 in einem Konsensus-Statement (Ptok et al., 2000) auf eine Definition des Symptomkomplexes von auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen geeinigt. Laut der Internationalen Klassifikation von Krankheiten (ICD-10) handelt es sich um eine auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung (AVWS), wenn zentrale Prozesse des Hörens betroffen sind. Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen beruhen auf einer Dysfunktion der Afferenzen und Efferenzen der zu den Hörbahnen gehörenden Anteile des zentralen Nervensystems. Eine periphere Hörstörung muss vorher sicher ausgeschlossen sein. Die Zuweisungen mit der Verdachtsdiagnose nehmen seit Jahren deutlich zu. Die Vermutung, dass eine AVWS bei einem Kind vorliegt, wird oft von Lehrern, informierten Eltern und aus dem medizinischen oder psychologischen Bereich geäußert. Die betroffenen Kinder bilden allerdings ein heterogenes Muster, was die Komplexität der Symptome angeht (Hess, 2001).

Lauer (2014) plädiert dafür, die deutschsprachige Bezeichnung „Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung“ (AVWS) durch den im angloamerikanischen Raum (American Association of Audiology, 2010; British Society of Audiology, 2011) verwendeten Begriff „auditory processing disorder“ (APD) bzw. „Auditive Verarbeitungsstörung“ (AVS) zu ersetzen (Lauer, 2014). In dieser Arbeit wird die bisher übliche Bezeichnung auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung analog zu den verwendeten deutschsprachigen Quellen benutzt. Abbildung 3 stellt ein neues Modell der auditiven Verarbeitung nach Lauer dar.

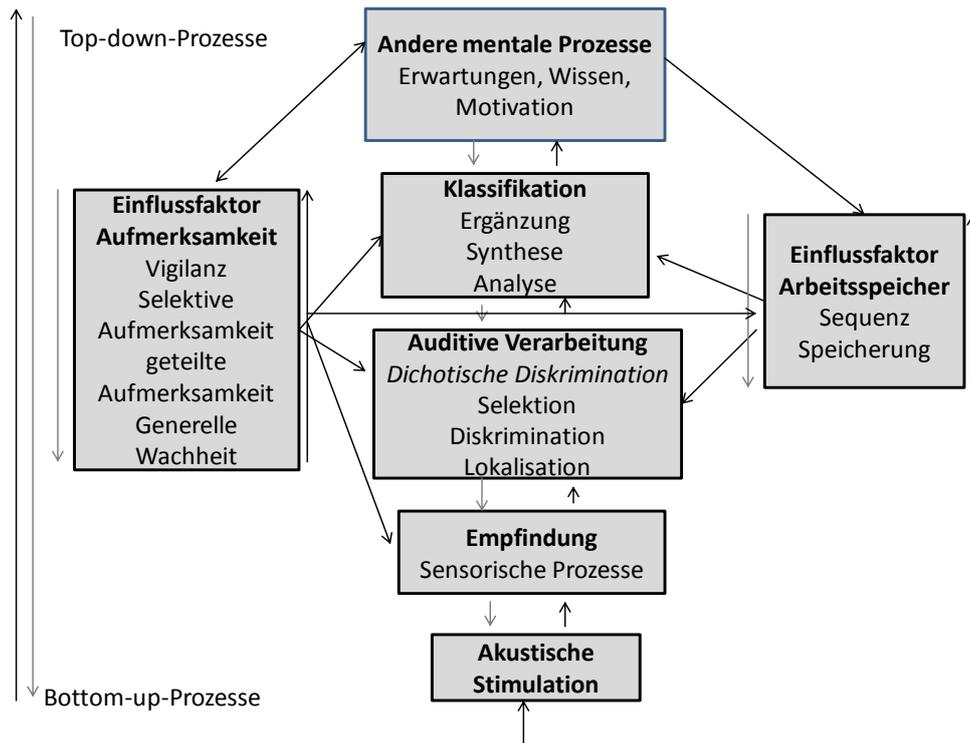


Abbildung 3. Das überarbeitete Modell der auditiven Verarbeitung, der Einflussfaktoren und nachfolgender Klassifikationsprozesse nach Lauer (2014).

Anmerkungen. Die Komponenten stehen in hierarchischer Ordnung zueinander und bedingen sich gegenseitig durch top-down und bottom-up-Prozesse. Auf den jeweiligen Ebenen besteht eine hierarchische Anordnung. Wie aus den Pfeilrichtungen ersichtlich ist, bedingen sich die meisten Komponenten gegenseitig; top-down- und bottom-up-Prozesse finden auf allen Ebenen statt.

Genaue Angaben zur Prävalenz von auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen liegen nicht vor. In der Konsensus-Konferenz (2000) wird von einer Prävalenz bei älteren Erwachsenen von 10 -20 % und bei Kindern von 2-3 % ausgegangen. Das Geschlechterverhältnis wird auf 2:1 (männlich: weiblich) geschätzt (Chermak, Hall, Baran, Sloan & Musiek, 1997, zit. nach Ptok et al., 2000).

4.2 Symptome

Zu den Symptomen einer auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung gehören nach Deuse (2005):

- Auditive Aufmerksamkeitsstörungen (Ablenkbareit),
- Störungen der zeitlichen Verarbeitung, was zu Beeinträchtigung des Sprachverständnisses zur Folge hat,

- Störungen der Lautheitsempfindung (Geräuschüberempfindlichkeit bzw. Hyperakusis),
- Störung der Speicherung bzw. der Merkfähigkeit auditiver Stimuli,
- Sequenzstörungen (Probleme bei der Wiedergabe von z.B. Zahlenfolgen),
- Störungen der Lokalisation (Richtungshören), der binauralen Fusion und des dichotischen Hörens,
- Störungen der Diskrimination bzw. Differenzierung und Schwierigkeit ähnlich klingende Laute zu differenzieren,
- Störungen bei der Figur-Hintergrund-Unterscheidung (Störschall-Nutzschall-Filterung) sowie
- Störungen der Analyse, Synthese sowie der Ergänzung von Lauten in einem Wort, welche zu den phonologischen Bewusstheitsfähigkeiten zählen (Deuse 2005).

Die Liste der Symptome entspricht nicht dem in Abbildung 3 dargestellten Modell Lauers (2014). Die Symptomatik des Störungsbildes muss ihrer Ansicht nach klarer von anderen Störungsbildern abgegrenzt werden. Danach gehören auditive Aufmerksamkeitsstörungen und Störungen der Speicherung und Sequenz zu den Einflussfaktoren. Phonologische Bewusstheitsfähigkeiten gehören zu höheren kognitiven Funktionen, die der auditiven Verarbeitung übergeordnet sind, aber mit ihr auch über top-down-Prozesse in Abhängigkeit stehen. Wenn nur eine Teilfunktion beeinträchtigt ist, sollte eine auditive Verarbeitungsstörung als Diagnose nicht direkt benannt werden (Lauer, 2014).

Im Folgenden wird genauer auf zwei Symptome einer AVWS (Deuse, 2005; Rosenkötter, 2003; Scholz, 2006) näher eingegangen, und zwar auf die Störung der Lautdiskrimination, die nach dem neuen Modell (Abb.3) zu den Symptomen gehört, und der Speicherkapazität, die nach dem Modell von Lauer zu den Einflussfaktoren gehört und daher eher als eine komorbide Störung zu betrachten ist (Lauer 2014).

4.2.1 Störung der Lautdiskrimination

Störung der Diskrimination von Sprachlauten bzw. Phonemen gehört nach den Heilmittelrichtlinien der deutschen Krankenkassen zu der Leitsymptomatik einer Sprachentwicklungsstörung (siehe Abschnitt 4.4.1) und ihre Therapie zum logopädischen Alltag (Heilmittelrichtlinien der Krankenkassen, Stand 2011). Eine spezifische (SSES) bzw. umschriebene Sprachentwicklungsstörung (USES) darf nach ICD-10 auf keine Intelligenzstörung oder hirnorganische Erkrankung, keine Hörstörung, auf emotionale oder psychiatrische Erkrankung oder auf mangelnde Anregung aus der Umwelt des Kindes zurückzuführen sein. Sie wird in eine expressive und eine rezeptive Sprachstörung eingeteilt. Bei einer ex-

pressiven Sprachstörung müssen die produktiven Fertigkeiten des Kindes mindestens zwei Standardabweichungen unterhalb des Altersdurchschnitts und mindestens eine Standardabweichung hinter dem nonverbalen IQ zurückbleiben. Dabei müssen das Sprachverständnis des Kindes und sein Gebrauch und Verständnis nonverbaler Kommunikation der Altersnorm entsprechen. Bei einer rezeptiven Sprachstörung muss das Sprachverständnis des Kindes mehr als zwei Standardabweichungen unter dem Durchschnitt seiner Altersgruppe liegen und mindestens eine Standardabweichung niedriger als sein nonverbaler IQ. Spezifische Sprachentwicklungsstörungen gehören zu den häufigsten Entwicklungsstörungen. Meistens kommt die Mischform expressive und rezeptive Sprachentwicklungsstörung vor (Esser & Wyschkon, 2002; Sachse, 2005).

Bei einer Störung der Lautdiskrimination bzw. einer phonologischen Störung handelt es sich um eine Störung des lautsprachlichen Systems (Jahn, 2000). Die Phonologie beschäftigt sich mit den Phonemen, die eine bedeutungsdifferenzierende Funktion in einer Sprache haben. Diese Funktion lässt sich am besten mit *Minimalpaaren* demonstrieren: *Nadel - Nagel, Sahne - Fahne, Riesen - Rasen etc.* (u.a. Dannenbauer 2005). Hewlett (1990) unterscheidet in seinem Sprachproduktionsmodell zwischen einem *phonologischen Input-Lexikon* und einem *phonetischen Output-Lexikon*. Das Modell beschreibt Prozesse der phonologischen Wortverarbeitung und der phonetischen Produktion. Vereinfacht dargestellt werden Wörter im Input-Lexikon wahrgenommen, dekodiert und mit den vorhandenen Repräsentationen verglichen. Im Output-Lexikon werden sie auf der Grundlage der vorhandenen Repräsentationen in das motorische Verarbeitungssystem weitergeleitet, in dem die motorische Realisierung geplant und schließlich realisiert wird (Hewlett, 1990, zit. nach Jahn, 2000). Hewletts Modell unterscheidet sich von Baddeleys Modell (siehe Abschnitt 3.2) dahingehend, dass Hewlett von der Annahme ausgeht, dass Aussprachestörungen ihre Ursache in Defiziten bei der Planung und Kontrolle von motorischen Programmen haben (Jahn, 2000, S. 13). Die *phonologisch-lexikalischen Repräsentationen* bei Kindern sind im Laufe des Spracherwerbsprozesses durch eine zunehmende Differenzierung und Koordination perzeptiver und produktiver Fähigkeiten gekennzeichnet. Die perzeptiven Fähigkeiten entwickeln sich schneller als die produktiven. Die Phonologie unterteilt die Phoneme nach ihren distinktiven Merkmalen zuerst vokalisches versus konsonantisches, danach die Konsonanten je nach ihrer physiologischen Realisierung nach den Kontrasten *oral - nasal, offen - geschlossen* (bei Vokalen) und *labial - alveolar, plosiv - frikativ, alveolar - velar* und *alveolar – postalveolar* bei Konsonanten. In der typischen phonologischen Entwicklung, die nach universellen Gesetzmäßigkeiten verläuft, erwirbt das Kind nach Jakobson Lautoppositionen in der eben genannten Reihenfolge der distinktiven Merkmale (Jakobson, 1969, S. 93, zit. nach Jahn, 2000, S. 15).

„Die phonologische Entwicklung wird [...] als eine allmähliche Überwindung physiologisch bedingter und universell gültiger *phonologischer Prozesse* verstanden“ (Jahn 2000, S. 16). Ein Kind mit einer phonologischen Störung hat diese s.g. Prozesse nicht altersgemäß überwunden, d.h. erworben, und

seine Sprache ist durch Lautersetzungen gekennzeichnet, wie z.B. *Tee* anstatt *Fee*, d.h. ein Frikativ wird durch einen Plosiv ersetzt. Eine phonologische Störung liegt dann vor, wenn das Kind Laute nicht korrekt verwendet, weil es beispielsweise zwischen /t/ und /f/ oder /t/ und /k/ bzw. /g/ und /d/ etc. nicht differenzieren kann und es zu Lautvertauschungen kommt. Möglicherweise kann das betreffende Kind sogar /f/ in einer Nachsprechübung einwandfrei artikulieren, jedoch nicht korrekt in der Spontansprache verwenden und spricht immer *Tee* aus, egal ob es *Fee* oder *Tee* meint. Weitere behandlungsrelevante Prozesse sind Auslassungen von unbetonten Silben, finalen bzw. initialen Konsonanten, Lautassimilationen und Reduktion von Konsonantenclustern (Jahn, 2000; Weinrich & Zehner, 2005).

Hören wird in der Regel bei einer Lautstärke von 20 dB überprüft, was der Lautstärke bei einem Telefongespräch entspricht. Dies ist jedoch für eine optimale Sprachwahrnehmung nicht ausreichend. Kinder mit Lernproblemen haben häufig eine hohe Sensitivität bei Frequenzen unterhalb von 1000 Hz, was den Umweltgeräuschen entspricht, aber eine geringe Sensitivität bei Frequenzen um 3000-4000 Hz, was den Sprachlauten entspricht (vgl. Abb. 1, 5 und 6 sowie Abschnitt 5.1.2). Solche Kinder gelten allgemein als unaufmerksam (Johansen, 2011).

Die auditive Diskriminationsfähigkeit kann inzwischen objektiv mit der MMN (*Mismatch negativity*) gemessen werden (Cheour, Leppänen & Kraus, 2000). Die MMN ist ein Ereigniskorreliertes Potenzial, das durch Veränderungen in einer regelmäßigen Reihenfolge von auditiven Reizen hervorgerufen wird. Sie gilt als unabhängig von der Aufmerksamkeit der Testperson. Die MMN Reaktion beruht auf Vorhandensein von Spuren des sensorischen Gedächtnisses bzw. Kurzzeitgedächtnisses im auditiven Cortex. Die Gedächtnisspur, die dem Auslösen der MMN-Reaktion zugrundeliegt, verflüchtigt sich innerhalb von fünf bis zehn Sekunden (Näätänen, 2001).

Näätänen und Alho haben 1997 in einer Vergleichsstudie mit finnischen und estnischen Probanden, während die Probanden ein Buch lasen, ihnen als Standardstimulus den finnischen Vokal /e/ dargeboten und als abweichende Stimuli die finnischen Vokale /ö/ und /o/ sowie den estnischen Vokal /õ/. Die Amplitude der MMN der finnischen Probanden bei dem estnischen /õ/ war kleiner als bei dem finnischen /ö/, während bei den estnischen Probanden kein Unterschied zwischen den Amplituden zwischen diesen Vokalen festzustellen war. Alle dargebotenen Vokale gehören zum Phoneminventar der estnischen Sprache. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass zwei parallele Prozesse zur Entstehung der MMN beitragen und zwar erstens: Die Erkennung des abweichenden Phonems geschieht bilateral mit Bezug auf den abweichenden Stimulus und bezieht die Spuren des Standardphonems im akustischen Kurzzeitgedächtnisses mit ein. Zweitens folgt daraus: Wenn der abweichende Stimulus zum Phoneminventar der Muttersprache der Testperson gehört, impliziert das die Existenz einer permanenten Repräsentation dieses Phonems im linken auditiven Cortex, genauer gesagt, im Wernicke Areal (Näätänen, 2001). Vokale determinieren sich nach Näätänen (2001) insbesondere durch die

Formanten³ F1 und F2 (vgl. auch Wirth, 2000, S. 94). Am Beispiel des Finnischen können danach alle Vokale produziert werden, indem man nur diese zwei Formanten moduliert. Bei einer weiteren Diskriminationsaufgabe zwischen dem finnischen /e/ und /ä/ zeigten erwachsene ungarische Probanden ohne Finnisch-Kenntnisse keine MMN Reaktion, während Ungarn, die Finnisch gelernt hatten, die Vokale diskriminieren konnten und dementsprechend eine MMN hervorgerufen wurde (Winkler et al., 1999a, zit. nach Näätänen, 2001). MMN konnte sogar bei der Diskriminationsaufgabe zwischen dem finnischen Vokal /y/ als Standardstimulus und dem finnischen /i/ bei finnischen Neugeborenen hervorgerufen werden (Cheour-Luhtanen et al., 1995, zit. nach Näätänen, 2001).

In einer nachfolgenden Studie mit denselben Stimuli bei frühgeborenen Kindern, die in der 25. bis 30. Schwangerschaftswoche geboren waren, konnte das Ergebnis bestätigt werden (Cheour-Luhtanen et al. 1996, zit. nach Näätänen, 2001). Dieses ist insofern bemerkenswert, da diese Vokale sich lediglich am zweiten Formanten F2 unterscheiden (Näätänen, 2001; siehe auch Abschnitt 5.1.2).

MMN wird auch bei Frequenzunterschieden einfacher Sinustöne hervorgerufen. Es konnte sogar bei einer Untersuchung registriert werden, dass die Unterscheidungsfähigkeit trainierbar ist. Bei einem Standardstimulus von 1000 Hz wurden den Probanden abweichende Töne von 1005, 1010 und 1050 Hz dargeboten. Nach einer Woche Diskriminationstraining konnte eine leichte Verbesserung beobachtet werden, die im weiteren Verlauf des Experiments stetig etwas besser wurde. Der Effekt blieb nach Ende des Trainings bestehen, aber verschlechterte sich nach 3 Wochen leicht (Menning, Roberts & Pantev, 2000, zit. nach Näätänen, 2001).

In einer Untersuchung von Tervaniemi, Jakobsen, Röttger, Kujala, Widman & Vainio et al. (2006) mit jeweils 12 finnisch-sprachigen und deutsch-sprachigen Probanden mit einem Durchschnittsalter von 25,9 Jahren wurde die Diskriminationsfähigkeit in der Dauer von Phonemen und von nicht-sprachlichen Signalen mit der MMN gemessen. In der finnischen Sprache, die wie auch das Japanische zu den s.g. *quantity-languages* gehört, die sich dadurch kennzeichnen, dass die Artikulationsdauer eines Phonems linguistisch relevant ist. Die Wörter /tuli/ (Feuer), /tuuli/ (Wind) und /tulli/ (Zoll), bestehen aus denselben Phonemen, aber der Bedeutungsunterschied entsteht lediglich durch die Artikulationsdauer. Lange Phoneme sind durchschnittlich doppelt so lang wie kurze (Vainio 2001, zit. nach Tervaniemi et al., 2006). Die finnischen Probanden zeigten eine deutlichere Reaktion sowohl in der Diskrimination der Phonemlängen als auch der Dauer der dargebotenen nicht-sprachlichen Signale. In der Reaktion der finnischen Probanden zeigte sich auch eine Lateralitätstendenz in Richtung rechte Hemisphäre im Gruppenergebnis. In der Differenzierungsfähigkeit der Frequenzen zeigten sich jedoch keine Gruppenunterschiede (Tervaniemi et al., 2006).

³ Formanten sind Bestandteile von Sprachlauten. Sie werden in 5.1.2 ausführlich behandelt.

Die genetische Disposition für eine Lese-Rechtschreibstörung (siehe Abschnitt 4.4.3) konnte bei einer Untersuchung von Leppänen und Lyytinen (1997) anhand von MMN-Messungen mit den finnischen Kunstwörtern /ata/ und /atta/ nachgewiesen werden, die sich in der Dauer des /t/ unterscheiden. Die Probanden waren 6 Monate alte Säuglinge mit mindestens einem Elternteil und einem entfernten Verwandten mit Leserechtschreibschwäche. Die Kontrollkinder waren ebenfalls 6 Monate alt, jedoch ohne diese familiäre Belastung. Bei der Risikogruppe konnte eine reduzierte MMN in der linken Hemisphäre registriert werden (Leppänen & Lyytinen, 1997, zit. nach Näätänen, 2001).

Auf der Suche nach Gründen für Defizite in der Sprachentwicklung bei frühgeborenen Kindern mit einem sehr geringen Geburtsgewicht (VLBW, very low birth weight < 1500 g) wurde in einer Vergleichsstudie von Jansson-Verkasalo, Čeponiene, Valkama, Vainionpää, Laitakari und Alku et al. (2003) die Lautdiskriminationsfähigkeit bei 12 Frühgeborenen und 12 termingerech geborenen Kindern untersucht. Das chronologische Durchschnittsalter der frühgeborenen Kinder betrug zum Zeitpunkt der Untersuchung 4 Jahre und 3 Monate. Das Alter der (gesunden) Kontrollgruppenkinder lag ebenfalls bei 4 Jahren und 3 Monaten. Alle Kinder hatten ein intaktes peripheres Hörvermögen, was durch objektive Verfahren gemessen wurde, und sie hatten keinerlei neurologischen Auffälligkeiten. Die Wortschatzentwicklung wurde zweimal überprüft: Im Alter von 2 Jahren mit dem „Mac Arthur Communicative Development Inventory“ (CDI) und mit 4 Jahren mit dem „Boston naming test“. Sechs Kinder aus der frühgeborenen Gruppe erzielten eine schwache Leistung um eine Standardabweichung unterhalb des Gruppenmittelwertes der Kontrollgruppe. Die Ergebnisse des mit 2 Jahren durchgeführten aktiven Wortschatztests korrelierten mit dem Sprachtest, der mit 4 Jahren durchgeführt wurde. In einer Differenzierungsaufgabe zwischen den finnischen Silben /ta;/, /ta/ und /ka;/, /ka/ wurde die MMN gemessen. Die Dauer der kurzen Silben lag bei 90 ms und bei den langen bei 180 ms. Die Kinder trugen während der Untersuchung Kopfhörer und schauten sich einen lautlosen Zeichentrickfilm über einen Monitor an. Die Amplitude bei dem Wechsel der Konsonanten /t/ und /k/ war bei den frühgeborenen sprachlich auffälligen Kindern signifikant niedriger als bei der Kontrollgruppe und den sprachlich unauffälligen Frühgeborenen. Die Vokallänge wurde von allen Frühgeborenen schwächer registriert als von den Kontrollgruppenkindern. Dabei schnitten die sprachauffälligen frühgeborenen Kinder schwächer ab als die sprachlich unauffälligen Frühgeborenen. Die Ergebnisse legen den Bedarf einer frühen Diagnose nahe, um bei Sprachauffälligkeiten möglichst früh intervenieren zu können (Jansson-Verkasalo et al., 2003).

4.2.2 Geringe Speicherkapazität

Das phonologische Arbeitsgedächtnis gehört zu den Leistungen der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung (u.a. Böhme, 2006; Nickisch, Heber & Burger-Gartner, 2006; Rosenkötter, 2003).

Im Kapitel 3 wurde das Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley und der von Baddeley und Hitch 1974 geprägte Begriff der phonologischen Schleife (phonological loop) dargestellt, die einer zentralen Exekutive untergeordnet ist (Baddeley et al., 1998).

Das phonologische Arbeitsgedächtnis wird durch das Nachsprechen von Kunstwörtern gemessen. Damit wird die Wahrnehmung und Enkodierung von sprachlichen Lautmustern untersucht. Diese Aufgabe kann bei Kindern ab dem Alter von 3 Jahren durchgeführt werden. Daten aus einer Langzeitstudie belegen, dass das Funktionieren und die Qualität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses im Alter von 3 Jahren nicht nur mit Syntax und Morphologie im gleichen Alter zusammenhängen, sondern auch die grammatischen Fähigkeiten im Alter von 5 Jahren signifikant vorhersagen (Grimm, 2005). Eine Sprachentwicklungsstörung ist u.a. durch Dysgrammatismus gekennzeichnet (Ullrich & von Suchodoletz, 2011).

In der Längsschnittstudie von Werner (2009) mit 40 Sprachheilschülern mit Dysgrammatismus und 75 sprachlich unauffälligen Grundschulern konnte ein Zusammenhang zwischen der Qualität des phonologischen Speichers und der Kapazität des Wortschatzerwerbs aufgezeigt werden (Grimm, 2005). Das von Hasselhorn et al. erweiterte Modell des phonologischen Arbeitsgedächtnisses konnte in allen vier Merkmalen bestätigt werden. Der Automatisierungsgrad der Aktivierung des Rehearsalprozesses und die Sprechrate sowie die Größe und Verarbeitungspräzision des phonologischen Speichers waren bei den Sprachheilschülern im Vergleich zu den sprachunauffälligen Kindern deutlich eingeschränkt (Werner, 2009). Der Zusammenhang zwischen Defiziten im phonologischen Arbeitsgedächtnis und einer Sprachentwicklungsstörung wird ausführlicher im weiteren Verlauf dieser Arbeit in Abschnitt 4.4.1 behandelt.

4.2.3 Bedeutung der auditiven Speicherkapazität für schulisches Lernen

Die auditive Speicherkapazität hat eine fundamentale Bedeutung auch für den Aufbau der Rechenkompetenz. In einer Untersuchung über die Entwicklung des Rechnens im Laufe der Grundschuljahre beobachtete Grube 72 Grundschulkindern: 22 Kinder aus der ersten Klasse, 16 aus der Zweiten, 16 aus der Dritten und 18 Kinder aus der vierten Klasse. Ein komplexes Aufgabenverständnis erfordert eine hohe Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Bei den Erstklässlern scheint beim einfachen Addieren die Kapazität der phonologischen Schleife noch keine Rolle zu spielen. Die Viertklässler lösen jedoch Additionsaufgaben umso schneller, je größer die Kapazität der phonologischen Schleife ist. Daher ist davon auszugehen, dass die phonologische Schleife eine unterstützende Funktion beim Aufbau vom arithmetischen Wissen hat (Grube, 2006).

Mathematische Kettenaufgaben und große Zahlen sind eine große Herausforderung an die Speicherkapazität. Bei großen Zahlen wie beispielsweise bei *vierhundertsevenundneunzigtausendachthundertdreißig* wird erst ab der zehnten Silbe die ungefähre Größe der Zahl fassbar. Sie kann erst nach 17 Silben exakt erfasst werden. Bei Kopfrechnen werden die Zwischenergebnisse sprachlich gespeichert, was zu einer Fehlerhäufung führen kann. Während der Rechnung werden besonders die Zehner- und Einer-Stellen vergessen. Bei mündlicher Darbietung von Sachaufgaben müssen der semantische Inhalt des Textes und die Zahlenwerte gespeichert werden, bevor eine Entscheidung über die Rechenstrategie gefällt werden kann (Lorenz, 2005).

In den sensiblen Phasen des Spracherwerbs kann Lärm die Entwicklung des phonologischen Arbeitsgedächtnisses verzögern und auf lange Sicht auch den Schriftspracherwerb beeinträchtigen (Hellbrück, 2008). Ungünstige raumakustische Bedingungen und irrelevante Sprache, die in Schulen zur Normalität gehören, führen zu schlechteren Leistungen im kurzfristigen Speichern und Verarbeiten von komplexen mündlichen Anweisungen (Klatte, Lachmann & Meis, 2010; Klatte, Lachmann, Schlittmeier & Hellbrück, 2010; Wiedenmann, 2005).

4.3 Ursachen einer auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung

Für die Entstehung einer auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung kommen unterschiedliche Faktoren in Frage. Dabei können auch mehrere Ursachen zusammentreffen. Die Ursachen sind jedoch weniger erforscht als bei Sprachentwicklungsstörungen (Rosenkötter, 2003, S. 82). Bislang konnte noch kein ätiologischer Faktor identifiziert werden, der die Kinder mit einer AVWS oder ohne voneinander trennen könnte (Kiese-Himmel, 2011, zit. nach Lauer, 2014). Rosenkötter führt folgende Möglichkeiten an:

- eine familiäre Disposition,
- Schädigung der Hörbahn,
- Geburtskomplikationen,
- häufige Mittelohrenzündungen und Paukenergüsse im Kleinkindalter,
- Drogenmissbrauch während der Schwangerschaft,
- Unterversorgung des Fetus während der Schwangerschaft und
- Frühgeburtlichkeit.

Da die Entwicklung des Hörsinns bereits in der Schwangerschaft beginnt, wie in Abschnitt 2.5 dieser Arbeit dargestellt wurde, erscheint der letzte Punkt einleuchtend, denn sehr früh geborene Kinder erleben diese Phase der Entwicklung außerhalb des Mutterleibs. Dieser Aspekt wird in der Studie von Jansson-Verkasalo et al. (2003) mit frühgeborenen Kindern mit einem geringen Geburtsgewicht deut-

lich (siehe Abschnitt 4.2.1). Darüber hinaus führt Rosenkötter (2003) Lärm als eine Ursache für eine auditive Wahrnehmungsstörung an. Einerseits kann Lärm durch Dauerbelastung die Haarzellen im Innenohr dauerhaft beschädigen. Die Frequenzen, die von diesen Haarzellen weitergeleitet wurden, werden folglich nicht mehr wahrgenommen. Andererseits kann lärmender Störschall die auditive Wahrnehmung funktional beeinträchtigen, indem er den Nutzschall überlagert (vgl. Abschnitte 2.6 und 4.2). Dies geschieht insbesondere dann, wenn der Schallpegel des Störschalls höher liegt als der des Nutzschalls (Sprache), und wenn der Frequenzabstand zwischen beiden gering ist (ebd., S. 134ff). Eine Mittelohrentzündung führt nach Schönweiler immer zu einer leichten Mittelohrschwerhörigkeit, was man am eigenen Leibe als Erwachsener erleben kann. In der Paukenhöhle des Mittelohrs sammelt sich Sekret, das durch die angeschwollene Eustachische Röhre nicht mehr in den Rachen abfließen kann. Das Sekret oder der entzündete Schleim verschlechtert die Schallübertragung vom Trommelfell über die Gehörknöchelchen zum Innenohr, was zu einer Beeinträchtigung der Lautdiskrimination führt, da die Wanderwelle, die die Haarzellen in der Cochlea aktiviert, auch verändert wird. Bei tiefen Frequenzen werden z.B. die Merkmale des ersten Formanten F1 der Vokale (siehe Abschnitt 5.1.2) nicht mehr wahrgenommen. Bei Verlust der hohen Frequenzen sind die unterscheidenden Elemente der Konsonanten betroffen (siehe Abschnitt 5.1.2 und Abb. 1, 5 und 6). Dadurch bleiben Gedächtnisspuren für diese Phoneme am auditiven Cortex nach der Hebb'schen Regel aus (Pinel, 2001). Rezidivierende Mittelohrentzündungen während der sensiblen sprach-prägenden Phase gegen Ende des ersten und zu Beginn des zweiten Lebensjahres können dadurch zu einer auditiven Wahrnehmungsstörung und Sprachentwicklungsstörung führen (Schönweiler, 1994, zit. nach Rosenkötter, 2003, S. 83f).

Wie bereits eingangs erwähnt, liegt bei Kindern mit Down-Syndrom häufig eine Hörstörung vor. Neben der häufigen Bildung von Ohrenschmalz, der den Gehörgang wiederholt verstopft (s.o. Wilken, 2003) neigen sie aufgrund von Tubenventilationsstörungen zu Mittelohrentzündungen und Paukenergüssen (Schorn, 1990, S. 160, 167, zit. nach Wilken, 2003, S. 35).

Die Eustachische Röhre kann auch aus anderen Gründen blockiert sein. Sie kann z. B. durch Polypen verstopft sein, oder Mikropartikel wie Rauch und Pollen können das Gewebe irritieren, und es schwillt dadurch an. Das führt im Mittelohr zu einem Druckabfall, was wiederum die Elastizität des Trommelfells und dadurch die Weiterleitung von Schall beeinträchtigt. Dieses hat ähnlich nachteilige Auswirkungen auf die Sprachentwicklung wie rezidivierende Mittelohrentzündungen (Johansen, 2011).

4.4 Komorbide Störungen

Eine auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung tritt häufig gleichzeitig mit anderen Störungsbildern auf (Kiese-Himmel & Kruse, 2006; Miller, 2011, zit. nach Lauer, 2014). Dazu zählen u.a. Störungen der Sprachentwicklung, der phonologischen Bewusstheitsfähigkeiten und Leserechtschreibstörungen (Lauer, 2014).

4.4.1 Sprachentwicklungsstörungen

Am Anfang des Spracherwerbs steht die auditive Diskriminationsleistung des Säuglings (Grimm, 1998). Eine Sprachentwicklungsstörung entsteht nach Rosenkötter (2003) aufgrund von Schwierigkeiten bei der Planung und Ausführung von mundmotorischen Bewegungen sowie wegen Defiziten in der auditiven Speicherung von sprachlichen Informationen, sowie Schwierigkeiten bei der Differenzierung und Analyse derselben (vgl. Abschnitte 4.2.1 und 4.2.2). Dabei geht die perzeptive Differenzierungsfähigkeit der produktiven voraus (Rosenkötter, 2003, S. 138). Auch für Bishop zählen Störungen der Wahrnehmung und Verarbeitung auditiver Reize zu den Ursachen einer Sprachentwicklungsstörung (Bishop, 1992).

Anhand von Untersuchungen mit linkshemisphärisch geschädigten Kriegsveteranen konnte Tallal (1978) den Zusammenhang zwischen Störungen der Verarbeitung von schnell wechselnden, zeitlich aufeinander folgenden auditiven Reizen und Sprachverständnisstörungen nachweisen. Mehrere Forscher kommen zu dem Ergebnis, dass Defizite im phonologischen Arbeitsgedächtnis einen wesentlichen Anteil an der Entstehung einer umschriebenen Sprachentwicklungsstörung haben (Henry, 2012; Rosenkötter, 2003).

Der Zusammenhang zwischen auditiven Leistungen und der Sprachentwicklung ist inzwischen in zahlreichen Studien belegt worden. In einer Studie von Shafer, Ponton, Hia Datta, Morr und Schwartz (2007) wurde die auditive Aufmerksamkeit von Kindern mit einer Sprachentwicklungsstörung gegenüber Kindern mit einer normalen Sprachentwicklung verglichen. Dabei wurden signifikante Unterschiede zwischen den Probanden und der Kontrollgruppe in den Topographien auf der Großhirnrinde aufgrund von Gehirnaktivitäten beobachtet. Die Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass Kinder mit einer umschriebenen Sprachentwicklungsstörung eine Störung der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung haben, die die Sprachwahrnehmung beeinträchtigt. Ferner konnte beobachtet werden, dass die meisten Kinder mit einer Sprachentwicklungsstörung eine verlangsamte Sprachverarbeitung gegenüber der Kontrollgruppe hatten, was auch auf verlangsamte Reifungsprozesse allgemein zurückzuführen sein könnte. Die Forschungsgruppe kommt zu zwei Schlussfolgerungen: Erstens

haben einige Kinder mit einer umschriebenen Sprachentwicklungsstörung eine verlangsamte Sprachverarbeitung aufgrund einer auditiven Wahrnehmungsstörung gegenüber Kindern mit einer unauffälligen Sprachentwicklung. Zweitens könnte die Ursache der verlangsamten Reifungsprozesse durch eine allgemeine Entwicklungsstörung bedingt sein (Shafer et al., 2007).

Es wird in mehreren Quellen davon ausgegangen, dass die Störung bei der Verarbeitung und Wahrnehmung auditiver Informationen sowie die eingeschränkte Geschwindigkeit und Kapazität der sensorischen Verarbeitungsprozesse zu den wichtigsten Ursachen für die Entstehung von Sprachentwicklungsstörungen gehören (u.a. Bishop, 1992; Overy, 2003; Penner, 2006). Die verzögerten Reifungsprozesse hängen mit einer verlangsamten Myelinisierung der Nervenbahnen zusammen, die die akustischen Reize vom Ohr zum Hirnstamm führen (Penner, 2006). Das trifft insbesondere für Kinder mit Down Syndrom zu, bei denen eine verzögerte Myelinisierung syndromspezifisch vorliegt (Palo & Savolainen, 1973).

Da die Differenzierung von Sprachlauten eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit erfordert (siehe Abb. 4; Abschnitte 5.2.1. und 5.2.2), kann der Säugling mit verzögerter Reifung der Hörbahnen aufgrund der niedrigen Weiterleitungsgeschwindigkeit nur ungenügend notwendige Informationen aufnehmen, um sprachliche Regeln aufzubauen. In Anlehnung an den Reifungsansatz kann seit einigen Jahren die Reifung der Hörbahnen von Geburt an beobachtet werden. Seit 2009 ist das Neugeborenen-Hörscreening in Deutschland gesetzlich verankert (Nennstiel-Ratzel, 2011). Es gibt Befunde, die belegen, dass eine erhebliche Verzögerung des Spracherwerbs bei denjenigen gesunden, normalhörenden und normalintelligenten 2-jährigen Kindern nur dann erfolgt, wenn bei ihnen eine verlangsamte Reifung der Hörbahnen vorliegt. Diese verlangsamte Reifung ist im Alter von 6 Monaten am deutlichsten zu beobachten. In diesen Untersuchungen wird beim Säugling die Fortleitungsgeschwindigkeit akustischer Reize vom Ohr bis zum Hirnstamm mit der Brain Evoked Responses Audiology (BERA) gemessen. In Kliniken, in denen Risikokinder wie z.B. Frühgeborene behandelt werden, wird diese Technik routinemäßig angewandt (Penner, 2006, S. 85).

Aus mehreren Studien über Kinder mit verzögertem Sprechbeginn (*Late Talkers*) geht hervor, dass sich *Late Talkers* im Alter von 2 Jahren neben einem unterdurchschnittlich langsamen Wortschatzaufbau auch in geringen sprachrezeptiven, konzeptuell-symbolischen und kommunikativen Fähigkeiten von gleichaltrigen Kindern mit einer unauffälligen Sprachentwicklung unterscheiden (Schlesiger, 2009). Sachse (2007) hat in ihren Untersuchungen festgestellt, dass bereits bei 2-jährigen Kindern mit verzögerter Sprachentwicklung Defizite im phonologischen Arbeitsgedächtnis zu beobachten sind. Schlesiger (2009) postuliert, dass der fehlende Wortschatzaufbau bei *Late Talkers* eher ein Symptom ist, dessen Ursprung vielleicht auf der phonologischen Ebene zu suchen ist. Auch nach Henry (2012) spielt ein eingeschränktes phonologisches Arbeitsgedächtnis eine zentrale Rolle bei der Entstehung einer umschriebenen Sprachentwicklungsstörung. Bei spontansprachlich unauffälligen Kindern, de-

ren Sprechbeginn lediglich verzögert war (*Late Bloomers*) und die den Rückstand zu Gleichaltrigen aufgeholt haben, persistieren weiterhin die Defizite in den phonologischen Fähigkeiten und im phonologischen Arbeitsgedächtnis (Henry, 2012).

Eine besondere Gruppe von hörbeeinträchtigten Kindern soll an dieser Stelle noch hervorgehoben werden. In einer Vergleichsstudie mit 10 Kindern mit Hörschädigungen im Alter zwischen 5; 11 und 11; 5 Jahren, die im sehr frühen Alter mit Cochlea-Implantaten (CI) versorgt worden sind, konnte u.a. die Annahme bestätigt werden, dass sie im Gruppenvergleich mit 10 normalhörenden gleichaltrigen Kindern über ein eingeschränktes phonologisches Arbeitsgedächtnis verfügen (Lürssen, 2003). In einer Längsschnittstudie von Szagun mit 22 CI-versorgten und 22 normalhörenden Kindern konnte nachgewiesen werden, dass einerseits der Wortschatzerwerb grundsätzlich mit dem Grammatikerwerb verknüpft ist, d.h. je schneller der Wortschatzerwerb ist, umso schneller entwickelt sich auch die Grammatik. Andererseits wurde auch festgestellt, dass die Sprachentwicklung der CI-versorgten Kinder in erster Linie von der Qualität der präverbalen ebenso wie der postoperativen Hörerfahrung abhängig ist. Ihre Arbeitsgruppe kam zu der Schlussfolgerung, dass wenn hörbeeinträchtigte Kinder vor ihrem vierten Lebensjahr mit einem Cochlea-Implantat versorgt werden, das Operationsalter eine untergeordnete Rolle gegenüber der Qualität der Hörerfahrung vor und nach der Operation spielt (Szagun, 2001).

Bislang zielen Therapiemethoden bei *Late Talkers* darauf, die Artikulationsstörung bzw. den eingeschränkten Wortschatz und Satzbau zu beeinflussen. Ob Methoden, die sich z.B. an der Sprachverarbeitung orientieren, effektiv sind, muss nach Meinung von Schlesiger noch belegt werden. Ihrer Meinung nach gilt es herauszufinden, in welcher Entwicklungsphase welche Fähigkeiten, Hinweise aus der Umwelt und Mechanismen besonders wichtig für die nächsten Schritte in der Sprachentwicklung sind (Schlesiger, 2009).

4.4.2 Rezeptive Sprachstörung

Bei einigen Kindern kann sich eine auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung als eine Störung des Sprachverstehens bzw. des Sprachverständnisses bemerkbar machen. Die Kinder fallen im Alltag u.a. mit folgenden Verhaltensweisen auf:

- Sie reagieren kaum auf Sprache,
- stattdessen reagieren sie eher auf Gestik und Mimik.
- Es kommt häufig zu Missverständnissen und sie geben unpassende Antworten.
- Sie wirken abwesend und abgelenkt und
- haben Probleme, mehrteilige Aufgaben zu behalten (Amorosa & Noterdaeme, 2003, S. 11).

Eine rezeptive Sprachstörung (vgl. Abschnitt 4.2.1) zeigt sich, wenn im Altersvergleich eine nur geringe Anzahl von Begriffen verstanden und inhaltsähnliche Begriffe verwechselt werden. Neben dem eingeschränkten Verständnis des sprachlichen Inhalts ist auch die Wahrnehmung und Imitation der Prosodie betroffen. Meistens liegt bei einer Sprachentwicklungsstörung eine Kombination aus einer expressiven und rezeptiven Störung vor (vgl. Abschnitte 4.2.1 und 4.4.1). Bei Berücksichtigung der nonverbalen Intelligenz, die im Normalbereich liegen muss, wird von einer Prävalenz von ca. 5 % der Altersgruppe ausgegangen. Um eine rezeptive Sprachstörung zu diagnostizieren, muss nach ICD-10 (F80.2) das Sprachverständnis des geistig nicht behinderten Kindes mehr als zwei Standardabweichungen unter dem Durchschnitt seiner Altersgruppe liegen und mindestens eine Standardabweichung schlechter sein als der nonverbale IQ. Es dürfen darüber hinaus keine neurologischen, sensorischen oder körperlichen Beeinträchtigungen vorliegen (Esser & Wyschkon, 2002). Bei ca. 50 % der Kinder mit einer rezeptiven Sprachstörung treten komorbide Störungen wie motorische Störungen, psychiatrische Störungen und Legasthenie auf (Amorosa & Noterdaeme, 2003, S. 12).

Der Sprachrezeptionsprozess setzt sich aus Sprachwahrnehmung und Sprachverstehen zusammen (Bußmann 1990, S. 714, zit. nach Schlesiger, 2001). Sprachverstehen lässt sich nach Schlesiger nur schwer von Sprachwahrnehmung abgrenzen. Die Perzeption bezeichnet die Wahrnehmung und Unterscheidung kleinster sprachlicher bzw. lautlicher Einheiten, die nicht bedeutungstragend sind. Die Rezeption kann als sinnvolles Verstehen angesehen werden (Schlesiger, 2001, S. 16). Das Sprachverstehen baut auf den Erfahrungen des Kindes mit seiner Umwelt auf, integriert diese und bildet so die Brücke zwischen der vorsprachlichen und sprachlichen Kommunikation. Obwohl die Bedeutung des Sprachverstehens in der Fachliteratur allgemein anerkannt ist, gibt es nur wenige Aussagen zur Entwicklung des Sprachverstehens (Zollinger, 1997, S. 58). Nach Mathieu (2010) reicht es nicht aus, im Sinne der Früherfassung einer Sprachentwicklungsstörung zu ermitteln, ob ein Kind mit 24 Monaten 50 Wörter und Zwei-Wortäußerungen produziert. Vielmehr sollte der Fokus aus sprachentwicklungspsychologischer Sicht darauf gerichtet werden, ob ein Kind die Bedeutungen der von ihm gesprochenen Wörter kennt und sich in einer sprachlichen Kommunikationssituation korrekt verhält (Mathieu, 2010). Kinder, deren Spracherwerb vorwiegend auf analysierenden informationsverarbeitenden Prozessen basiert, scheinen im Allgemeinen im zweiten Lebensjahr ein deutlich besseres Sprachverständnis zu haben und dieses auch schneller auszubauen als Kinder, die holistische Sprachverarbeitungsstrategien verwenden (Bates et al., 1992, S. 91, zit. nach Schlesiger, 2001, S. 37).

Sprachverstehen ist die situativ-kommunikative Interpretation einer Mitteilung und Sprachverständnis der linguistische Dekodierungsprozess, d.h. die Fähigkeit, Sinn und Bedeutung von Äußerungen allein aufgrund der Wortbedeutung und der grammatischen Regeln zu erkennen (Amorosa & Noterdaeme, 2003, S. 9). Kinder mit Sprachverständnisstörungen reagieren wenig auf Sprache, zeigen wenig Interesse am Vorlesen, reagieren auffällig auf Fragen mit einem „ja“, obwohl ein „nein“ angemessen

sen wäre. Sie beantworten eine Frage häufig situativ passend, aber nicht auf die Frage bezogen. Manche ziehen sich zurück, andere dominieren das Geschehen, indem sie den Spielablauf bestimmen und auf die Vorschläge der Spielkameraden wenig eingehen. Junge Kinder können stereotypes Spielverhalten zeigen. Bei Spielen, die Sprache erfordern, haben sie eine kurze Aufmerksamkeitsspanne, während sie sich in Situationen, die ohne Sprache ablaufen, sehr konzentriert und ausdauernd beschäftigen können. Bei älteren Kindern, die bereits mehr über aktive Sprache verfügen, kommt es häufig zu Missverständnissen. Unbetonte Wörter wie „aber“, „zuerst“, „bevor“ oder „nachdem“ werden nicht wahrgenommen und daher auch nicht verstanden (ebd., S. 11). Kinder mit Sprachverständnisstörungen verfügen häufig über ein eingeschränktes auditives Kurzzeitgedächtnis (Gebhard, 2005, S. 65, zit. nach ebd., S. 22).

In der angloamerikanischen Forschung wird im Bereich Sprachverstehen und Kommunikation der Begriff *comprehension monitoring* benutzt, was u.a. als Monitoring des Sprachverstehens in der deutschsprachigen Fachliteratur übersetzt wird. Es umfasst das Erkennen von Missverständnissen durch die Analyse von dekodierten Äußerungen sowie den Vergleich mit möglichen Bezugspunkten und Alternativen, als auch die möglicherweise nötige Reaktion auf missverstandene oder mehrdeutige Inhalte (Schönauer-Schneider, 2008). Ein Kind mit einer unauffälligen Sprachentwicklung ist bereits mit etwa 30 Monaten in der Lage, eine absurde Aufforderung zu erkennen (Zollinger, 1997, S. 229).

Das Sprachverstehen spielt eine entscheidende Rolle, nicht nur für die Sprachentwicklung, sondern auch für die gesamte Entwicklung, und Störungen des Sprachverstehens spielen bei allgemeinen Entwicklungsstörungen eine wichtige Rolle (Zollinger, 1997, S. 58). Die Erforschung des Sprachverstehens ist dennoch lange Zeit vernachlässigt worden, obwohl allgemein postuliert wird, dass das Sprachverständnis der Produktion vorausgeht (Gebhard, 2005; Zollinger, 1997, S. 58). Defizite im Sprachverständnis drücken sich nach Zollinger (1997) je nach Entwicklungsalter unterschiedlich aus. Im Kleinkindalter ist der Blickkontakt das zentrale Merkmal jeder Kommunikationssituation. Die ersten verstandenen Wörter setzen einen gemeinsamen Gegenstand zwischen dem Kind und der Bezugsperson voraus. Im Alter zwischen 3 und 4 Jahren beginnen Kinder in der Regel in Sätzen zu sprechen. Kinder mit Sprachverständnisstörungen fallen dadurch auf, dass ihre Sätze aus starren und komplexen Wortkombinationen, Phrasen, bestehen und dass sie kaum Fragen zu den Namen der Dinge stellen, was zu einem eingeschränkten Wortschatz führt. Das Verstehen ist an Handlungen und Schlüsselwörter gebunden, was in Kindergartengruppen aufgrund von häufigen Missverständnissen und möglicherweise zu Hänseleien führen kann. Im Schulalter ist die Sprache häufig formal unauffällig, aber manche Kinder haben die Funktion der Sprache noch nicht verinnerlicht. Sie haben nicht erkannt, dass mithilfe von Sprache die Welt repräsentiert, verstanden und verändert werden kann (Zollinger, 1997, Kap. 3.2).

Das Wissen über Wortbedeutungen, grammatikalische Strukturen und die Sequenzierung von Beschreibungen sind auch für das Verständnis von mathematischen Aufgaben von entscheidender Bedeutung (Lorenz, 2005). Vollwertige mathematische Begriffe können nach dem russischen Entwicklungspsychologen Gal'perin erst ausgebildet werden, wenn Kinder sich allgemeine mathematische Handlungen wie Messen und Vergleichen von Größen sowie die Beherrschung der Beziehungen wie *mehr-weniger*, *gleich-ungleich*, *genau so viel* angeeignet haben (Bormann, 2004, S. 105). Schüler müssen über den präzisen Gehalt von Präpositionen, wie *an*, *bei*, *unter*, *über*, *vor*, *nach* etc. verfügen. Sie müssen kausale Konstruktionen wie *wenn... dann...*, *weil*, *daher* sowie *immer dann wenn*, *wenn...*, *nie* usw. verstehen, ebenso wie komparative Relationen (s.o.) wie *kürzer als*, *größer als*, *tiefer* oder *dick-dünn*, *kurz-lang*, um im Mathematikunterricht erfolgreich zu bestehen. Die deutsche Sprache macht es Kindern nicht unbedingt leicht, Zahlwörter zu erfassen: z.B. *zweiundsechzig* anstatt von *sixty-two* (Gebhard, 2005; Lorenz, 2005). Auf Silbenebene ist es bedeutungsentscheidend z.B. zwischen *vierzig* und *vierzehn* zu unterscheiden (Lorenz, 2005).

Im pädagogischen Alltag bleibt häufig unerkannt, dass Kinder mit Migrationshintergrund nicht ausreichend Deutsch beherrschen. Studien der Forschungsgruppe um Penner an der Universität Konstanz und der Humboldt Universität Berlin haben gezeigt, dass die *Basic Interpersonal Communicative Skills, BICS* (Cummins, 1999), d.h. die kommunikativen Fähigkeiten, sich aus dem Kontext die Bedeutung einer Äußerung zu erschließen, für die schulischen Anforderungen nicht ausreichen (Penner, 2003, zit. nach Wiedenmann, 2005). Um kontextunabhängig die Bedeutung einer Äußerung in jeder Situation zu verstehen, ist die Beherrschung der grammatischen Regeln einer Sprache notwendig, was als *CALP, Cognitive Academic Language Proficiency* (Cummins, 1999), bezeichnet wird (Penner, 2003, zit. nach Wiedenmann, 2005).

Das Screening und Training der phonologischen Bewusstheit ist in vielen Regionen ein fester Bestandteil der Schulvorbereitung geworden. Defizite des Sprachverständnisses hingegen bleiben im Alltag häufig unerkannt. Eltern von Kindern mit Sprachverständnisstörungen neigen zu der Auffassung, dass ihr Kind nur nicht zuhört bzw. sich nicht richtig konzentriert (Petermann & Rißling, 2011; Tippelt & von Suchodoletz, 2011).

Was steckt hinter einem schlechten Lesesinnverständnis? Dieser Frage sind Justice, Mashburn und Petscher (2013) nachgegangen. Die Probleme beim Lesen von Kindern mit einem eingeschränkten Lesesinnverständnis, die etwa 7 bis 10 % der Kinder im Schulalter ausmachen, scheinen sich ätiologisch von den Problemen von Kindern mit einer Lese-Rechtschreibstörung zu unterscheiden (Clarke, Snowling, Truelove & Hulme, 2010; Stothard & Hulme, 1992, zit. nach Justice et al., 2013). Sie hängen eher mit Schwierigkeiten in der Sprachverarbeitung als mit dem Leseprozess an sich zusammen (Stothard & Hulme, 1992, S. 254, zit. nach Justice et al., 2013) und sind das Ergebnis langandauernder grammatischer, morphologischer und lexikalischer Defizite (Cain & Oakhill, 2006; Catts, Fey, Zhang &

Tomblin, 1999; Nation, Clarke, Marshall & Durand 2004; Stothard & Hulme, 1992, zit. nach Justice et al. 2013). Diese Defizite sind jedoch eher „mäßig“ und „nicht therapiebedürftig“ (Nation, Cocksey, Taylor & Bishop, 2010, zit. nach Justice et al., 2013).

Justice et al. (2013) haben in den Vorsorgeuntersuchungen erhobene Daten von 35 guten Lesern (*normal readers*), 11 Kindern mit Lese-Rechtsschreibstörung (*poor decoders*), also mit Defiziten in der Dekodierung und 16 Kindern mit schlechtem Lesesinnverständnis aber flüssiger Leseleistung (*poor comprehenders*) analysiert. Die Kinder wurden aus einer Population von 1364 Kindern aus dem ganzen US-Gebiet rekrutiert und die Gruppen nach zahlreichen Kriterien parallelisiert. Das Lesesinnverständnis und die Dekodierungsfähigkeit wurden in der fünften Klasse getestet (Woodcock-Johnson Passage Comprehension and Letter-Word Identification Subtest). Die Befunde der Kinder aus standardisierten Sprachentwicklungstests, die im Alter von 15 Monaten, 24 Monaten, 36 Monaten und 54 Monaten im Rahmen der Vorsorgeuntersuchungen in den USA durchgeführt worden waren, wurden miteinander verglichen. Beobachtet wurden die Leistungen in Sprachverständnis und in Sprachproduktion, wobei im Alter von 24 Monaten nur die Sprachproduktion getestet worden war. Mit 36 Monaten war der Unterschied in den Sprachverständnisseleistungen zwischen den späteren Fünftklässlern mit guter Leseleistung und mit schlechtem Lesesinnverständnis signifikant mit einer Effektgröße von $d = 1.15$ zugunsten der guten Leser gewesen. Der Unterschied im Sprachverständnis der Kinder im Alter von 36 Monaten mit schlechtem Lesesinnverständnis (*poor comprehenders*) zu den Kindern mit Lese-Rechtsschreibstörung (*poor decoders*) in der fünften Klasse war zwar nicht signifikant aber mit einer Effektgröße von $d = 0,82$ zugunsten der Kinder mit Lese-Rechtsschreibstörung immerhin groß gewesen. Die Unterschiede in der Sprachproduktion zwischen den drei Gruppen waren im Alter von 36 Monaten nicht signifikant gewesen. Die späteren guten Leser hatten am besten abgeschnitten, gefolgt von den Kindern, die später eine Lese-Rechtsschreibstörung entwickelten. Die schlechteste Sprachproduktionsleistung hatten die Kinder mit dem schlechten Lesesinnverständnis gehabt. In Bezug auf Sprachverständnis war der Unterschied zwischen guten Lesern (*typical readers*) und den Kindern mit schlechtem Lesesinnverständnis (*poor comprehenders*) hingegen signifikant⁴ gewesen. Die Effektgrößen betragen in beiden Vergleichsfällen $d = 0.52$. Im Alter von 54 Monaten hatten die Kinder mit schlechtem Leseverständnis im Vergleich zu beiden anderen Gruppen, sowohl in der Sprachproduktion als auch im Sprachverständnis, schlechter abgeschnitten gehabt. Beide Unterschiede waren im Vergleich zu den guten Lesern signifikant⁵ gewesen. Die Effekte waren zugunsten der guten Leser sowohl in Bezug auf Sprachverständnis mit $d = 1.27$ als auch auf Sprachproduktion mit $d = 0.87$ groß gewesen. Die Differenzen der Leistungen im Sprachverständnis der Kinder mit schlechtem Lesesinnverständnis gegenüber den Kindern mit Lese-Rechtsschreibstörung in der fünf-

⁴ Sprachverständnis: $p < .01$.

⁵ Sprachverständnis: $p < .01$; Sprachproduktion: $p < .05$.

ten Klasse waren zwar nicht statistisch signifikant, hatten jedoch eine Effektgröße von $d = 0.68$. Der Unterschied in Bezug auf die Sprachproduktion war zwischen den Kindern mit schlechtem Lesesinnverständnis und mit Lese-Rechtschreibstörung ebenfalls nicht signifikant, der Effekt jedoch mit $d = 0.89$ groß. Die Forschergruppe kommt zu dem Schluss, dass Probleme im Lesesinnverständnis eine Vorgeschichte haben und anhand von Sprachverständnis- und Produktionsleistungen besonders im Alter von 54 Monaten vorhersehbar sind. Die Ergebnisse zeigen ferner, dass Probleme im Lesen differenzierter in Bezug auf ihre Ätiologie betrachtet werden sollten (Justice et al., 2013).

Rosenkötter bezieht sich auf mehrere Beiträge, die den Eindruck erhärten, dass bei Kindern mit Aufmerksamkeitsstörungen oft auch eine Störung der auditiven Wahrnehmung vorliegt (Barkley, 1990, Cook et al., 1993, Moss & Sheffele, 1994, zit. nach Rosenkötter, 2003, S. 162). Sie können bei sprachlichen Äußerungen schlecht zuhören, reagieren nicht auf Bitten und Aufforderungen und können nur kurzzeitig Geschichten, Beschreibungen und Gesprächen lauschen (Rosenkötter, 2003, S. 162). Schlechtes Zuhören zählt auch nach Döpfner (2002) zu den Symptomen bei hyperkinetischen Störungen. Kinder mit Defiziten im Kurzzeitgedächtnis werden allerdings manchmal fälschlicherweise als unkonzentriert beschrieben, obwohl sie kein Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom (ADS) haben (Rosenkötter, 2003, S. 167). Die MMN (vgl. 4.2.1) kann auch für die aufmerksamkeitsunabhängige Registrierung von grammatischen Strukturen und semantischen Regelverletzungen eingesetzt werden (Pulvermüller, 2002, zit. nach Näätänen et al., 2007).

4.4.3 Lese-Rechtschreibstörung

In der Literatur finden sich parallel die Bezeichnungen Legasthenie, Lese-Rechtsschreibschwäche, umschriebene Lese-Rechtschreibschwäche bzw. -Störung und Teilleistungsschwäche, die dasselbe Phänomen beschreiben. In den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts kam der Begriff „Legasthenie“ in die Kritik, das sie sich nur auf Schwierigkeiten beim Leseerwerb bezog und den Zusammenhang zwischen Lesen und Schreiben außer Acht ließ (Küspert & Schneider, 1999, S. 5).

In der ICD-10-Klassifikation wird der Begriff „umschriebene Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten“ (F 81) verwendet, wobei diese Störungen im Wesentlichen in einer zentralnervösen, kognitiven Störung der Informationsverarbeitung begründet sind (Warnke & Roth, 2002). Eine Lese-Rechtschreibstörung (F 81.0), oft wird die Abkürzung „LRS“ verwendet, ist eine umschriebene Beeinträchtigung in der Entwicklung der Lesefertigkeiten, die häufig mit einer Beeinträchtigung der Rechtschreibung einhergeht. Es wird vorausgesetzt, dass die Ursache der Störung nicht durch eine geistige Behinderung, Hör- und Sehstörungen oder unzureichende Unterrichtung zu erklären ist. Während sich die Lesefähigkeit i. d. R. im Laufe der Entwicklung verbessert, bleibt die die Rechtschreibstörung bestehen. Eine isolierte Rechtschreibstörung (F 80.1) ist selten (Warnke & Roth, 2002).

In den Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen und medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) wird unter einer Lese-Rechtschreibstörung und einer Lese-Rechtschreibschwäche unterschieden. Bei einer Lese-Rechtschreibschwäche handelt es sich häufig um eine vorübergehende Störung, die auf mangelhafte Beschulung, eine psychische oder neurologische Erkrankung oder eine Seh- oder Hörminderung zurückzuführen ist (Bundesverband für Legasthenie).

Warnke und Roth (2002) beziehen sich auf epidemiologische Daten, die eine Häufigkeit von 2.7 % von lese-rechtsschreibschwachen Schülern bei 8-jährigen Kindern belegen. Jungen sind mit 60–80 % häufiger betroffen als Mädchen (Warnke & Roth, 2002). Küspert und Schneider (1999) gehen von 7-9 % aller Schüler aus. In einer repräsentativen Studie über die Inanspruchnahme von Leistungen lag die Häufigkeit von Lese-Rechtschreibstörung bei 8 % der Patienten (Remschmidt & Walter, 1989, zit. nach Warnke & Roth, 2002). Die Beteiligung von Defiziten im phonologischen Arbeitsgedächtnis an der Entstehung einer Lese-Rechtschreibstörung wird diskutiert (Rosenkötter, 2003; Henry, 2012).

4.4.3.1 Phonologische Bewusstheit als Vorläufer des Lese-Rechtschreiberwerbs

Die phonologische Bewusstheit besteht aus mehreren Teilleistungen. Dabei hat das Arbeitsgedächtnis wesentlichen Anteil am Prozess der Lautkategorisierung als eine Komponente der phonologischen Bewusstheit (Oakhill & Kyle, 2000). Nach heutigen wissenschaftlichen Erkenntnissen spielt die phonologische Bewusstheit eine entscheidende Rolle für den Schriftspracherwerb. Damit wird die Fähigkeit bezeichnet, sich auf die linguistischen Einheiten der Sprache außerhalb der semantischen Ebene zu konzentrieren, die unterschiedliche kognitive Operationen beinhaltet (Küspert & Schneider, 1999). Daher wurde im deutschsprachigen Raum von Skowronek und Marx die Unterscheidung in phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne und phonologische Bewusstheit im engeren Sinne vorgenommen. Die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne bezieht sich auf größere Einheiten wie Silben und Reime, während die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne sich auf die Lautebene bezieht (Skowronek & Marx, 1989, zit. nach Küspert & Schneider, 1999, S. 12). Während Kinder im Vorschulalter in der Regel spontan die Fähigkeit zu reimen erlernen und in der Lage sind, Wörter in Silben zu segmentieren, wird die Fähigkeit, Wörter auf Lautebene zu analysieren erst im Schulalter unter Anleitung erworben (Küspert & Schneider, 1999). Um Kindern den Einstieg in den Schriftspracherwerb zu erleichtern, haben Küspert und Schneider das „Würzburger Trainingsprogramm“ entwickelt. Das Programm wird mit Kindern im letzten Halbjahr vor der Einschulung mit täglichen Sitzungen von 10 Minuten Dauer in Kleingruppen durchgeführt. Es beginnt mit Übungen auf Geräuschebene, gefolgt von Übungen auf Wortebene. Ab der 12. Woche beginnt das Training auf Phonemebene, das auch die Phonem-Graphem-Zuordnung mit einschließt. Diese Übungen beginnen mit der Lautsynthese auf

die die Lautanalyse folgt. Sie beginnt mit Wörtern, die aus zwei bis drei Phonemen besteht und endet mit Wörtern aus maximal fünf Phonemen. Die Kinder werden angehalten, die Artikulation der Laute mit Änderungen des Mundbildes zu beobachten (Küspert & Schneider, 1999, S. 15).

Das Verfahren wurde in drei groß angelegten Längsschnittstudien zwischen 1991 und 1998 mit Kontrollgruppen evaluiert und seine Wirksamkeit wurde dahingehend bestätigt, dass der Schriftspracherwerb der Kinder bis in das zweite Schuljahr erleichtert werden konnte. Die dritte Studie (1995-1998) befasste sich nur mit Kindern, die vorher mit dem Bielefelder Screening (Jansen, Mannhaupt, Marx & Skowronek, 1998) als Risikokinder eingestuft worden waren. Die Kontrollgruppe bestand aus einer nicht getesteten Stichprobe von Vorschulkindern. Nach dem Training wurden die phonologischen Leistungen der geförderten Kinder mit denen der nicht geförderten Kinder der Kontrollgruppe verglichen. Die Kinder hatten ihre phonologischen Defizite aufgeholt und erzielten ähnlich gute Ergebnisse wie die nicht geförderten Kinder (Küspert & Schneider, 1999, S. 15f). Diese Ergebnisse beziehen sich allerdings auf Mittelwerte von Gruppenauswertungen. Unter den Kindern befinden sich durchaus solche, die von dem Training nicht profitiert haben. So entwickeln manche Kinder, die im Vorschulalter als unauffällig galten, trotzdem eine Lese-Rechtschreibstörung. Es kann davon ausgegangen werden, dass Defizite in der phonologischen Informationsverarbeitung nicht ausschließlich für Probleme im Lese-Rechtschreiberwerb verantwortlich sind (Schneider & Küspert, 2003).

Für das Training der phonologischen Bewusstheit stehen im deutschsprachigen Raum auch die Übungsprogramme von Lauer (2001), Christiansen (2002), Nickisch, Heber & Burger - Gartner (2001), Burger-Gartner & Heber (2006) sowie von Petermann, Fröhlich, Metz & Koglin (2010) zur Verfügung. In den Programmen von Lauer, Christiansen sowie von Nickisch et al. sind auch Übungseinheiten zum Training des phonologischen Arbeitsgedächtnisses enthalten.

4.4.3.2 Studien zu Ursachen von Lese-Rechtschreibstörung

Eine belgische Längsschnittstudie ist der Frage nachgegangen, ob eine Lese-Rechtschreibstörung eher auf Defizite in den phonologischen Fähigkeiten oder auf basale auditive Wahrnehmungsdefizite zurückzuführen ist (Boets, Wouter, van Wierigen & Ghesquiere, 2007). An der Studie nahmen 62 Vorschulkindern, 36 Jungen und 26 Mädchen, teil, die zu Beginn der Untersuchung fünf Jahre alt waren. Zu diesem Zeitpunkt hatten sie noch keinerlei Leseunterricht. Die Gruppen mit den Kindern mit Flämisch als Muttersprache waren nach üblichen wissenschaftlichen Kriterien parallelisiert worden und zeigten keinerlei Entwicklungsauffälligkeiten, bis auf die Tatsache, dass die Hälfte der Kinder eine familiäre Disposition für eine Lese-Rechtschreibstörung hatte (*high risk*). Jedes Kind wurde mit mehreren standardisierten Verfahren insgesamt zehn Stunden von Psychologen und Akustikern getestet.

Ein Jahr vor der Einschulung, als die Kinder 5 Jahre alt waren, wurde die phonologische Bewusstheit, das phonologische Arbeitsgedächtnis, das Zahlenfolgegedächtnis und schnelles Benennen überprüft. Darüber hinaus wurde das Sprachverständnis im Störgeräusch mit einsilbigen Kunstwörtern getestet. Basale auditive Teilfunktionen wurden mit psychophysikalischen Schwellenwertmessungen auf Geräusch- und Tonebene getestet. Dazu gehörten das Erkennen einer stillen Phase im weißen Rauschen (*gap detection, GAP*, vgl. 2.6) und das Erkennen einer Tonhöhenmodulation (*frequency modulation detection, FM-detection*) von 2 Hz innerhalb eines „Trägertons“ von 1000 Hz Tonhöhe (vgl. Abschnitt 2.6). Ferner wurde das Erkennen eines Tons im Störschall (*tone-in-noise, TN*) überprüft (vgl. Abschnitt 2.6). Dabei hatten die Probanden die Aufgabe, zwei pulsierende Reintöne bei einer Tonhöhe von 1000 Hz und von einer Dauer von 440 ms zu erkennen, die in einem Geräuschsignal in einer variierenden Tonhöhe von 707 Hz bis 1414 Hz (eine Oktave) und von einer Dauer von 1620 ms platziert waren. Für die Auswertung der Ergebnisse in den Tests für die drei basalen auditiven Teilfunktionen (*GAP, FM detection und TN detection*) wurden Schwellenwerte festgelegt, die es zu unterschreiten galt.

Im Laufe der Studie wurden drei Kinder ausgeschlossen, so dass für die Auswertung der Endergebnisse die Daten von 59 Probanden vorlagen. Die Lesefertigkeit der Kinder wurde gegen Ende der ersten Klasse mit standardisierten Verfahren getestet. Neun der Kinder mit einer familiären Disposition für Lese-Rechtschreibstörung zeigten zu diesem Zeitpunkt bereits eine schwache Leseleistung (*high-risk, literacy-impaired*). Die Leistungen dieser neun Kinder in den phonologischen Aufgaben lagen bis auf Anlauterkennung und Zahlenfolgegedächtnis signifikant unter denen der Kinder ohne familiäre Belastung (*low-risk, literacy-normal*). Die Leistungen der übrigen Risikokinder mit einer familiären Disposition für Lese-Rechtschreibstörung ($n = 22$, *high-risk, literacy-normal*) lagen bei Endlauterkennung und Kunstwortnachsprechen signifikant niedriger als die der familiär unbelasteten Kinder ($n = 28$, *low-risk, literacy-normal*). Da eine Lese-Rechtschreibstörung erst nach Ende der zweiten Klasse sicher diagnostiziert werden kann, haben die Ergebnisse der Lesetests nur tendenziellen Charakter. Bei den auditiven Funktionen zeigte sich unter den neun schwachen Lesern (*high-risk, literacy-impaired*) in der Aufgabe *Erkennen der Frequenzmodulation (FM detection)* ein signifikanter Unterschied gegenüber den familiär unbelasteten Kindern (*low-risk, literacy-normal*). In dieser Aufgabe gab es keine Gruppenunterschiede zwischen den übrigen Kindern. Bei den Aufgaben *Erkennen eines Tons im Störschall (tone-in-noise)* und *gap detection* erzielten die neun Risikokinder zwar schlechtere Werte als die Kinder der anderen Gruppen, die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Die Sprachwahrnehmung unter Störgeräusch war bei diesen neun Kindern (*high-risk, literacy-impaired*) ebenfalls signifikant eingeschränkt. Da die phonologischen und basalen auditiven Fähigkeiten und die Sprachwahrnehmung lange vor dem Leseunterricht getestet worden waren, scheint ein Zusammenhang naheliegend. Andererseits sollte berücksichtigt werden, dass nicht alle Kinder mit einer Lese-

Rechtschreibschwäche Defizite in auditiver Wahrnehmung und Sprachwahrnehmung aufweisen und manche Kinder ohne Lese-Rechtschreibproblematik diese Defizite wiederum haben. Bei einigen Kindern mit Lese-Rechtschreibstörung liegen auch Probleme in der visuellen Wahrnehmung vor. Die Forschergruppe geht bei phonologischen Störungen von genetischen Ursachen aus (siehe auch Abschnitt 4.3), während sie bei Defiziten in den Wahrnehmungsfunktionen Umwelteinflüsse als Auslöser vermuten. Erhöhte Testosteronwerte in der Schwangerschaft können eine Ursache für sensorische Störungen sein, die nicht genetisch bedingt sind (Ramus, 2004b, zit. nach Boets et al., 2007). Zusammenfassend kommt die Arbeitsgruppe zu der Schlussfolgerung, dass die Ursachen für eine Lese-Rechtschreibstörung multikausal sind und die Gründe am ehesten in den phonologischen Fähigkeiten zu suchen sind, wobei auditive Defizite und Probleme in der Sprachwahrnehmung bei Personen mit Lese-Rechtschreibstörung ebenfalls häufig vorkommen, was ihre Situation im Schulalltag noch verschlimmert (Boets et al., 2007).

Overy sieht bei Kindern mit Lese-Rechtschreibstörung ein generelles Problem mit der zeitlichen Verarbeitung, dem Timing, das nicht nur die auditive Verarbeitung von Sprache und Musik sondern auch das motorische Timing betrifft (Overy, 2003). In Abschnitt 6.2.4.2 wird eine von Overy durchgeführte dreiteilige Studie vorgestellt. Laut einer dänischen Studie mit 59 Personen lässt sich die Lesefertigkeit mit der Leistung des dichotischen Hörens voraussagen (Näslund, Johansen & Thoma, 1997, zit. nach Johansen, 2002; siehe Abschnitte 2.6 und 4.1 sowie Abb. 3).

4.5 Diagnostik

4.5.1 Diagnostik bei Sprachentwicklungsstörungen

Zur Testung von Sprachentwicklungsstörungen bei Kindern gibt es mehrere standardisierte Verfahren. Hier werden nur neuere Tests aufgezählt: SETK-2, Sprachentwicklungstest für 2-jährige Kinder (Grimm, Aktas & Frevert, 2000) und SETK 3-5, Sprachentwicklungstest für 3- bis 5-jährige Kinder (Grimm, 2001), Entwicklungstest Sprache für Kinder von 4 bis 8 Jahren, ETS 4-8, (Angermaier, 2007), Patholinguistische Diagnostik bei Sprachentwicklungsstörungen, PDSS für die Altersspanne von 2; 0 bis 6; 11 Jahre, (Kauschke & Siegmüller, 2009) sowie SET 5-10, Sprachstandserhebungstest für Kinder im Alter zwischen 5 bis 10 Jahren (Petermann & Rißling, 2010). Alle Tests enthalten Items zur Überprüfung des Sprachverständnisses und auch des phonologischen Arbeitsgedächtnisses. Der Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses, TROG-D (Fox, 2009) ist ein standardisiertes, zeitökonomisches und umfassendes Verfahren zur Überprüfung des Sprachverständnisses für Kinder im Alter zwischen 3; 0 und 10; 11 Jahren.

Ein zeitökonomisches und für das Alter 4; 6-6; 11 standardisiertes Verfahren zur Überprüfung der Sprachproduktion, auditiven Merkspanne und des phonologischen Arbeitsgedächtnisses ist das Heidelberger auditive Screening in der Einschulungsuntersuchung HASE (Schöler & Brunner, 2008). Das Screening wird am Computer oder mit einem CD-Abspielgerät durchgeführt (siehe Abschnitt 10.3.2). Unter Therapeuten allgemein bekannte Screeningverfahren zur Überprüfung des phonologischen Arbeitsgedächtnisses sind u. a. der Mottier-Test (Linder & Grissemann, 1968) und das Screening nach Lauer (2001).

4.5.2 Diagnostik bei auditiven Wahrnehmungsstörungen

Es wird postuliert, dass die Diagnostik einer auditiven Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörung sehr aufwendig sei, und dass es keine Standards für die Diagnostik gebe (u. a. Böhme, 2006; Ptok et al., 2000; Scholz, 2006). Die Diagnostik soll multidisziplinär durch u.a. Pädaudiologen, Psychologen und Logopäden erfolgen (Dawes & Bishop, 2009, Witton, 2010, zit. nach Lauer, 2014). Die Störungsbilder sind sehr heterogen. Eine Vereinheitlichung der Diagnostik, in allen Einrichtungen und Untersuchungen am besten bereits im Vorschulalter, wäre nach mehreren Autoren wünschenswert (u.a. Böhme, 2006; Hess, 2001).

Da die American Association of Audiology (AAA) und die Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie (DGPP) in Bezug auf Diagnostik nicht ausreichend zusammenarbeiten, sind viele Diagnosen nicht miteinander vergleichbar (Lauer, 2014). Im angloamerikanischen Raum sind ausschließlich nonverbale Tests für eine Diagnose ausschlaggebend (American Speech-Language-Hearing Association, ASHA, 2005, zit. nach Lauer, 2014). In Deutschland werden dagegen Tests mit sowohl nonverbalem als auch mit verbalem Material eingesetzt, welches u.a. einen dichotischen Hörtest und eine Sprachaudiometrie mit Störgeräusch umfasst (DGPP, 2010, zit. nach Lauer, 2014). Problematisch erscheint, dass eine zuverlässige Diagnose erst ab 7 bis 8 Jahren möglich ist, und Normwerte nur bis 10 Jahre gelten (AAA 2010, zit., nach Lauer, 2014).

Im Vorschul- und Schulalter steht am Anfang eine Ausschlussdiagnostik von peripheren Hör- und Sehstörungen und Entwicklungsstörungen (Böhme, 2006; Rosenkötter, 2003). Im Vorschul- und Schulalter wäre ein reduziertes Untersuchungskonzept zwar sinnvoll, andererseits wäre eine sehr umfangreiche Testbatterie aufgrund der sehr heterogenen Patientengruppen nötig. Die verfügbaren Tests können wegen ihrer aufwendigen Durchführung und Zeitintensität nicht als Routineuntersuchungen angesehen werden. Das schränkt die Beurteilungsmöglichkeiten bei Kindern besonders im Vorschulalter ein. Böhme empfiehlt ein zweiteiliges Vorgehen: einen Screeningtest und eine zeitökonomische Testbatterie. Die Untersuchungen sind jedoch seiner Meinung nach auch bei einer redu-

zierten Testbatterie sehr zeitaufwendig (Böhme, 2006). Da die meisten Untersuchungsmethoden von der Kooperationsbereitschaft und -fähigkeit des Klienten abhängig sind, empfiehlt Rosenkötter (2003) bei jüngeren Kindern auf Beurteilungen von Eltern und Erzieherinnen sowie auf Fragebögen zurückzugreifen. Die DGPP (2010) hält die Diagnose einer AVWS erst dann für zulässig, wenn Störungen in mindestens zwei Teilfunktionen vorliegen, die mithilfe standardisierter Testverfahren ermittelt worden sind (DGPP, 2010, zit. nach Lauer, 2014).

Für die sprachtherapeutische Praxis stehen einige Screeningverfahren zur Verfügung. Lauer (2001) hat ein strukturiertes Verfahren entwickelt, das einerseits als Screening und andererseits als Therapiegrundlage und Verlaufsbeobachtung bei der Behandlung von auditiven Wahrnehmungsstörungen geeignet ist. Das Bielefelder Screening (Jansen, Mannhaupt, Marx & Skowronek 1999) wird häufig in Kindertagesstätten eingesetzt, um Risikokinder vor der Einschulung zu erkennen und eine Förderung einzuleiten. Das Verfahren erfasst Aufgaben zur Erkennung von Defiziten in der phonologischen Bewusstheit im weiteren und im engeren Sinne (siehe Abschnitt 4.4.3.1). Das Heidelberger auditive Screening in der Einschulungsuntersuchung wurde von Schöler und Brunner (2008) entwickelt, um Risikokinder im Vorschulalter zu erkennen und Fördermaßnahmen möglichst früh einzuleiten. Das Verfahren ist standardisiert (siehe Abschnitt 10.3.2).

Die Firma AUDIVA hat eine Test-CD für die auditiven Funktionen für die therapeutische Praxis entwickelt (Ausgabe 2003). Die Überprüfung soll mit Kopfhörern durchgeführt werden. Die Test-CD (siehe Abschnitt 10.3.3) enthält Aufgaben auf musikalischer Ebene zu Rhythmus, Tonhöhenunterscheidung, Tonfolgenerkennung, Dissonanz und Konsonanz sowie Nachsingen. Auf der Lautebene gibt es mehrere Aufgaben zur Lautunterscheidung mit und ohne Störgeräusch sowie Synthese und Ergänzung. Auf der Ebene der auditiven Speicherung enthält die CD Aufgaben zur Speicherung von Sätzen und Geschichten, den monoton gesprochenen Mottier-Test (Linder & Grissemann, 1968) zur Überprüfung des phonologischen Arbeitsgedächtnisses sowie einen Test zur Speicherung von Zahlenfolgen. Ferner enthält die CD einen dichotischen Hörtest, einen Test zum Hochtonverstehen sowie Verstehen von zeitkomprimierter Sprache. Einige Aufgaben der Test-CD sind für Kinder im Alter von 7 bis 8 Jahren, einige für Kinder im Alter von 5 bis 6 Jahren normiert worden (Normierungsstudie 2003 und 2010, AUDIVA).

4.6 Therapieansätze

Lauer (2014) gliedert die Behandlung auditiver Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen in drei Handlungsfelder: Beratung der Eltern und der Pädagogen, Modifikation der Hörumgebung sowie auditives Training (Lauer, 2014). An erster Stelle der therapeutischen Intervention steht für Lauer die

Beratung der Eltern und der Pädagogen über die Symptomatik und über denkbare Handlungsmöglichkeiten. Dazu gehören u.a. das Training des Sprachverstehens, in dem der Betroffene als visuelle Unterstützung lernt, vom Mundbild abzulesen und die Prosodie des Gehörten zu analysieren (Hess, 2001). Ferner können die Rahmenbedingungen des Zuhörens verbessert werden, um die Signalqualität von Sprache zu optimieren. Erzielt werden kann dies einerseits durch bauliche Maßnahmen mit Akustikdecken und andererseits durch Frequenzmodulationsanlagen (FM-Anlagen) oder Hörgeräte, die auf Frequenzbereich der Sprachlaute einstellbar sind und somit Störschall abschirmen. Darüber hinaus gehört die Gestaltung der Sitzordnung in Klassenräumen zu den notwendigen Maßnahmen, so dass die betroffenen Kinder möglichst in der Nähe des Lehrerpults sitzen (Hess, 2001; Lauer, 2014). Da die Wirksamkeit von FM-Anlagen nicht eindeutig geklärt ist, ist ihr Einsatz nach Kiese-Himmel (2011) in Einzelfällen kritisch zu betrachten (Kiese-Himmel, 2011, zit. nach Lauer, 2014).

Bei der Behandlung der gestörten Teilfunktionen der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung liegt der Fokus auf der Verbesserung der Lokalisation, Diskrimination, Selektion sowie der dichotischen Diskrimination. Dabei sollten technische Hilfsmittel, wie z.B. das Computerprogramm Audiolog (flexsoft) eingesetzt werden, da Signal- und Störgeräusche nur so systematisch kontrolliert werden können (Lauer, 2014).

Übungen zur Aufmerksamkeit, Speicherung und Sequenz sowie das Trainieren höherer kognitiver Funktionen mit Sprachmaterial hält Lauer (2014) zwar für sinnvoll, allerdings gehören sie ihrer Meinung nach nicht zur eigentlichen Therapie von auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen. Solche sind u.a. die systematisch strukturierten Therapiekonzepte von Lauer (2001) sowie Nickisch, Heber & Burger-Gartner für Schulkinder (2001), von Burger-Gartner & Heber für Vorschulkinder (2006). Zu den übenden Trainingsverfahren können auch das Würzburger Trainingsprogramm (Küspert & Schneider 1999) oder das Übungsprogramm von Christiansen (2002) für die Förderung der phonologischen Bewusstheit zur Vorbeugung von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten gezählt werden. Alle Übungsverfahren beginnen mit Aufgaben zur phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne, angefangen von der Geräuschebene, vom Heraushören von Sprache und akustischen Signalen aus Hintergrundgeräuschen, Behalten und Wiedergeben von Wörtern. Danach folgt die Lautstruktur der Sprache auf Wort und Silbenebene u.a. mit Reimen. Erst dann folgen Übungen zur phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne. Dazu gehören das Heraushören von Lauten innerhalb von Silben und Wörtern und später das Zusammenziehen von Lauten und Silben zu Wörtern.

Die Stimulation des auditiven Cortexes kann aufgrund der Neuroplastizität des Gehirns zur „Restitution“ führen (Hess, 2001). Auf diesem Ansatz basieren Hörtrainingsmethoden, die entweder mit Klängen, Melodien, akustischen und sprachlichen Stimuli das Gehör und die Hörwahrnehmung trainieren (ebd.). Zu solchen sprachfreien auditiven Trainingsverfahren gehört u.a. das von Tallal und

Merzenich (1996) entwickelte Trainingsprogramm *Fast ForWord*, zu dessen Wirksamkeit es widersprüchliche Angaben gibt (Lauer, 2014).

Vom Einsatz basaler auditiver Trainingsverfahren wie der Verfahren von Warnke (1995), Meditech (2002), AUDIVA (2002), Tomatis-Therapie (Tomatis, 1990) und der Auditiven Integrationstherapie (AIT, Berard, 1993) wird bei der Behandlung von auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen abgeraten, da ihre Effektivität kaum untersucht worden ist (Berwanger & Suchodoletz, 2007; Fey et al., 2011; Gratzka, 2002; Karch, 2000; Kerschner et al., 1990; Kiese-Himmel, 2012; von Suchodoletz, 2003; Weidekamm & Beushausen, 2004, zit. nach Lauer, 2014).

4.7 Zusammenfassung

Die Entwicklung der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung beginnt bereits im Mutterleib mit der Herausbildung der Hörorgane und die ersten Hörerfahrungen werden ab dem letzten Drittel der Schwangerschaft gespeichert. Die auditive Wahrnehmung umfasst zahlreiche Funktionen, die alle für die ungestörte Entwicklung und für das Lernen eine elementare Bedeutung haben. Das Richtungshören beinhaltet nicht nur die Orientierung im Raum, sondern auch die binaurale Fusion von zwei Schallereignissen, die zeitgleich links und rechts dargeboten werden. Es schließt auch das dichotische Hören ein, in dem es darum geht, zwei unterschiedliche Wörter wahrzunehmen, die gleichzeitig links und rechts gesprochen werden. Lautstärken können unangemessen schwach oder laut wahrgenommen werden. Das erste deutet auf eine Schwerhörigkeit hin, das zweite kann ein Hinweis auf eine Geräuschüberempfindlichkeit sein. Andere Aspekte beziehen sich direkt auf die Sprachwahrnehmung. Dazu gehören die Lautdiskrimination bzw. Wahrnehmungstrennschärfe, Rhythmus- und Tonhöhenenerkennung, zeitliche Verarbeitung mit allen ihren Teilaspekten, wie die Pausenerkennung, zeitliche Erkennung von versetzten Signalen, die Erkennung von zeitlich gedehnten oder komprimierten Wörtern sowie die Fähigkeit, kurz hintereinander dargebotene Geräusche oder Töne in die richtige Reihenfolge zu bringen. Darüber hinaus ist es fundamental wichtig, in akustisch ungünstigen Bedingungen den Nutzschall vom Störschall zu filtern. Ferner gehört zu den auditiven Funktionen die Fähigkeit, verzerrte akustische und sprachliche Signale zu erkennen.

Die Gründe für die Entstehung einer auditiven Wahrnehmungsstörung sind sehr unterschiedlich. Sie spielen jedoch für diese Arbeit keine Rolle. Es geht vielmehr darum, wirksame Lösungen für eine erfolgreiche Behandlung und Förderung zu finden.

Eine Störung der auditiven Wahrnehmung beeinträchtigt das Lernen und die ungestörte Sprachentwicklung. Die verlangsamte Reifung der zentralen Hörbahnen, die man mit BERA bereits im Säuglingsalter diagnostizieren kann, scheint eine folgenschwere Bedeutung für die sprachlichen Fähigkei-

ten zu haben. Der Zusammenhang mit den Schwierigkeiten in der Lautdiskrimination ist denkbar, da diese u.a. eine extrem kurze zeitliche Verarbeitungsgeschwindigkeit erfordert, was mit der MMN objektiv messbar ist. Die Speicherung von Gedächtnisspuren bzw. Repräsentation von Phonemen auf dem auditiven Cortex ist erfahrungsabhängig. Das bedeutet, dass nur Laute der Muttersprache bzw. der Umgebungssprache in das Langzeitgedächtnis gelangen können bzw. nur Laute in der Form, wie sie wahrgenommen werden. Sie können aufgrund einer verlangsamten Verarbeitungsgeschwindigkeit oder eines anderen Teilaspekts einer auditiven Wahrnehmungsstörung oder auch wegen Hörverlust welcher Art auch immer bzw. ungünstigen akustischen Bedingungen ungenau bzw. verwaschen gespeichert worden sein, was zu Lautverwechslungen führen kann. Rezidivierende Mittelohrentzündungen, wiederholte Verstopfungen des Gehörgangs können eine auditive Wahrnehmungsstörung nach sich ziehen. Es wird diskutiert, dass die Beeinträchtigung des rechten Ohres besonders ungünstig für die Sprachwahrnehmung zu sein scheint. Wenn sich die Ohren unterschiedlich entwickelt haben, zieht es ein Defizit im dichotischen Hören nach sich, das in einem kausalen Zusammenhang zu Lesekompetenz zu stehen scheint.

Die eingeschränkte Kapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses als ein Teilaspekt einer auditiven Wahrnehmungsstörung gilt als eine Ursache einer Sprachentwicklungsstörung und wird auch teilweise als Grund für eine Lese-Rechtschreibstörung diskutiert (s.o.). Die Kapazität und Präzision des phonologischen Arbeitsgedächtnisses ist für die Speicherung von auditiven Informationen von elementarer Bedeutung. Das von Hasselhorn et al. (2000) erweiterte Modell des phonologischen Arbeitsgedächtnisses von Baddeley beinhaltet vier Merkmale. Der Automatisierungsgrad der Aktivierung des Rehearsalprozesses, die Sprechrate sowie die Größe und Verarbeitungspräzision des phonologischen Speichers ist demnach bei Kindern mit spezifischen Sprachentwicklungsstörungen deutlich eingeschränkt. Das Gleiche gilt für die Kapazität der zentralen Exekutive, die im Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley die Aufgabe einer Koordinationsstelle zwischen der phonologischen Schleife, dem visuell-räumlichen Notizblock und dem Langzeitgedächtnis wahrnimmt. Ein komplexes Aufgabenverständnis erfordert im schulischen Kontext eine hohe Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Die phonologische Schleife ist am Aufbau vom arithmetischen Wissen beteiligt.

Die Fähigkeit, auditive Informationen wie Laute und Silben in die richtige Reihenfolge zu bringen, ist wichtig für Sprachrezeption und -produktion. Das Sprachverständnis kann als Endergebnis des auditiven Wahrnehmungsprozesses angesehen werden. Es spielt nicht nur für die Sprachentwicklung eine entscheidende Rolle, sondern auch für die gesamte Entwicklung. Spätestens in der Schule ist das Wissen über Wortbedeutungen, grammatikalische Strukturen und die Reihenfolgen von Beschreibungen u.a. für das Verständnis von mathematischen Textaufgaben von entscheidender Bedeutung. Für das Messen und Vergleichen von Größen sowie Beherrschung von Beziehungen müssen sich Kinder der Wortbedeutungen angeeignet haben und über den präzisen Gehalt von Präpositionen verfügen.

Sie müssen kausale Beziehungen ebenso wie komparative Relationen verstehen. Die Untersuchung von Justice et al. (2013) zeigt, dass das Lesesinnverständnis seine Grundlage in der Qualität des Sprachverständnisses hat.

Ungenügende Deutschkenntnisse von Kindern mit Migrationshintergrund führen immer wieder zu Lernbeeinträchtigungen. Eine eigene Gruppe bilden deutschsprachige Kinder mit Dysgrammatismus. Da die raumakustischen Bedingungen in vielen pädagogischen Einrichtungen ungünstig sind, spielt auch Lärm in diesem Zusammenhang eine wesentliche Rolle, da er sich unvorteilhaft auf die Verarbeitungskapazität für sprachliche Informationen auswirkt.

5 Sprache und Musik

Es gibt eine ganze Reihe von Studien, die sich mit den Gemeinsamkeiten von Musik und Sprache befassen. Dabei geht es sowohl um strukturelle Gemeinsamkeiten als auch um Ähnlichkeiten in der auditiven Verarbeitung. Es wird inzwischen davon ausgegangen, dass die musikalische und sprachliche Strukturverarbeitung eng miteinander verknüpft sind und dass ihnen ähnliche neuronale Prozesse zugrunde liegen (Jentschke & Koelsch, 2011; Koelsch & Friederici, 2003; Koelsch & Schröger, 2008; Patel, 2012; Sallat, 2008, 2009, 2011).

Musik und Sprache sind Produkte unserer biologischen und sozialen Interaktionen. Musik hat möglicherweise eine elementare Rolle in der Evolution des modernen Menschen gespielt (Cross, 2001). Koelsch und Schröger (2008) vertreten die Auffassung, dass Musik die Grundlage von Sprache ist. Die erste Stufe des Musizierens, das Singen, wird mit denselben Organen erzeugt wie das Sprechen. Singen ist eine biologisch angelegte Fähigkeit, die sich gleichzeitig mit dem Sprechen entwickelt (Stadler Elmer, 2008). Jungen Kindern vorzusingen, fördert wahrscheinlich die reziproke emotionale Bindung (Therub et al., 1997, zit. nach Therub, 2001). Genauso wie Singen in anderen Zusammenhängen die psychische Distanz vom Sänger und Zuhörer reduziert (Lomax, 1968, Pantaleoni, 1985, zit. nach Therub, 2001). Kinder erwerben sehr früh ein Gefühl für Tonhöhen, Harmonien, Klangfarben, Tempi und Rhythmen (Hannon & Trainor, 2007; Therub, 2001). Therub (2001) geht von einer Prädisposition für Musikalität bei jungen Kindern aus. Während in der westlichen Kultur unter *Musizieren* Singen und Instrumentalmusik verstanden wird, schließt z.B. der entsprechende Begriff *nkwa* in der Sprache der Igbo in Nigeria auch Tanzen mit ein (Gourlay, 1984, zit. nach Cross, 2001).

5.1 Strukturelle Gemeinsamkeiten

5.1.1 Töne und Laute

Musik und Sprache basieren beide auf der auditiven Modalität. Beide können auch mit Symbolen schriftlich festgehalten werden, beide sind stark strukturierte Systeme, die aus Einzelementen, Phonemen bzw. Tönen, bestehen (Jentschke & Koelsch, 2011; Patel, 2012).

Ein reiner Ton ist eine Sinusschwingung die sich durch zwei Zahlen, Frequenz und Amplitude darstellen lässt. Die Frequenz eines Tones ist die Anzahl von Schwingungen pro Sekunde. Die Maßeinheit, Schwingung pro Sekunde ist Hertz (Hz). Beim Rauschen hingegen bewegen sich Luftteilchen ungeordnet (Spitzer, 2009, S. 27; siehe auch Kap. 2). Die Amplitude ist die Auslenkung der Schwingung, die wir als Lautstärke wahrnehmen und die in Dezibel (dB) angegeben wird (Storch, 2002, S. 105).

Mit dem Grundton, der mit einem natürlichen Instrument (z.B. einer Gitarrensaite) erzeugt wird, schwingen immer auch Obertöne mit. Musikinstrumente erzeugen also keine reinen Sinustöne, sondern obertonreiche Töne. Der erste Oberton hat die doppelte Frequenz der Sinusschwingung des Grundtons, der zweite die dreifache Frequenz usw. Durch das Addieren von Sinusschwingungen der Obertonreihe zu einem Grundton entstehen unterschiedliche Klangfarben, die wiederum je nach Instrument sehr unterschiedlich klingen (Spitzer, 2009, S 32 ff). Die wesentliche zeitliche Eigenschaft einer Schwingung ist ihre Periodizität, d.h. ihre Regelmäßigkeit und Gleichmäßigkeit. Die Frequenz dieses periodischen Vorgangs wird vom Gehör als Tonhöhe interpretiert, und es werden harmonische Obertöne wahrgenommen. Unregelmäßige Schwingungen werden als Geräusch wahrgenommen (Fricke & Louven, 2008.)

Die kleinste akustisch wahrnehmbare Element der gesprochenen Sprache ist ein Laut (Franke, 2001, S. 131). Laute sind konkrete Elemente, die materiell realisiert werden. Sie werden als Phone oder Sprechlaute bezeichnet und gelten als Einheiten der Sprachverwendung (Storch, 2002, S. 100ff). Ein Phonem wiederum ist die „*segmental kleinste bedeutungsunterscheidende lautliche Einheit*“ (Franke, 2001, S. 165). Die bedeutungsunterscheidende Funktion wird mit Hilfe von s.g. Minimalpaaren erkennbar, wie z.B. *Saal - Schal* (u.a. Weinrich & Zehner, 2003). Ein Phonem ist eine abstrakte Lauteinheit des Sprachsystems. Gesprochene Sprache enthält unterschiedliche Realisierungen eines Phonems, nicht das Phonem selbst. Beim Unterschied zwischen **Licht** und **machen** handelt es sich um allophonische Varianten eines Phonems (Storch, 2002).

Morpheme sind die kleinsten bedeutungstragenden Elemente einer Sprache. Das Wort „Tage“ besteht aus zwei Morphemen, „Tag“ und „e“. Dabei steht „Tag“ für eine zeitliche Einheit, und „e“ kennzeichnet die Mehrzahl (Wirth, 2000, S. 81). Hier ist „e“ gleichzeitig auch ein Phonem.

Die artikulatorische Phonetik beschäftigt sich mit der materiellen Seite der Sprache und zwar mit der Realisierung von Lauten und Lautketten, d.h. mit physikalisch messbaren akustischen Ereignissen. Die akustische Phonetik beinhaltet die physikalischen Eigenschaften von Lauten und die auditive Phonetik die Aufnahme und Weiterleitung der lautlichen Reize. Die Phonologie bzw. Phonematik beschäftigt sich wiederum mit den abstrakten Strukturen des Lautsystems (Storch, 2002, S. 99; vgl. Abschnitt 4.2.1).

Die bedeutungsunterscheidende Funktion eines Phonems wird durch distinktive Merkmale bestimmt. Diese sind:

- Artikulationsort und -organ,
- Artikulationsart sowie
- Stimmhaftigkeit, also stimmhaft oder stimmlos (Weinrich & Zehner 2003, S. 8f).

In der Sprachtherapie unterscheidet man zwischen phonetischen Störungen, die die motorische Lautbildung betreffen und phonologischen Störungen, die sich auf die korrekte Lautverwendung in einem Wort beziehen, wie z.B. Tanne anstatt Kanne und Topf anstatt Kopf (Weinrich & Zehner 2003, S. 2). Bei einer Lautdiskriminationsstörung handelt es sich um eine phonologische Störung (siehe Abschnitte 4.2.1 und 4.4.1).

5.1.2 Besondere Merkmale der Sprachlaute

Der Weg vom Kehlkopf bzw. Kehldeckel bis zu den Lippen wird als der Vokaltrakt bzw. Ansatzrohr bezeichnet, durch das sich der s.g. Phonationsstrom seinen Weg aus der Lunge nach außen bahnt. Je nachdem wie das Ansatzrohr durch die Artikulationsorgane verändert wird, entsteht aus dem Luftstrom Sprache (Storch, 2000, S. 30). Vergleichbar mit Tönen in der Musik, mit denen Obertöne mitschwingen, besitzen Sprachlaute mehrere Formanten, d.h. Frequenzbänder von maximaler Intensität. Die Formanten der Sprachlaute entsprechen den Resonanzen, die von Musikinstrumenten erzeugt werden (Joutsenvirta, 2005). Lennes (2004) veranschaulicht Formanten folgendermaßen: Der Vokaltrakt bzw. das Ansatzrohr lässt sich mit einem langen Rohr vergleichen, das sich aus mehreren Stücken zusammengesetzt worden ist, die im Durchmesser, Länge und Form variieren, je nachdem wie die Artikulationsorgane wie z.B. die Zungenform geändert und die Lippen bewegt werden. Wie jedes Rohr verstärkt auch dieses die durchströmenden Schallwellen, deren Wellenlänge im richtigen Verhältnis zur Länge des Rohres steht. Jedes Rohrende, auch ein offenes, bewirkt, dass die Schallwellen zum Teil zurückwandern. Dadurch bewegen sich Wellen im Rohr in entgegengesetzte Richtungen. Wellen, die sich in derselben Phase treffen, verstärken sich in der Amplitude. Wellen, die sich in der entgegengesetzten Phase befinden, heben sich auf. Unter bestimmten Umständen verstärken sich

entgegengesetzt verlaufende Wellen immer an derselben Stelle und es entsteht eine Resonanz. Die an der Resonanz beteiligten Wellen haben entweder dieselbe Amplitude bzw. Wellenlänge oder die Wellenlängen von mindestens zwei sich treffenden Wellen stehen in einem bestimmten Verhältnis zueinander und zur Länge des Rohrs. Die Länge des Rohrs bestimmt, welche Wellenlängen zu einer Resonanz führen. Ein Formant entspricht einer oder mehreren Resonanzen bzw. Frequenzen, deren Wellen sich an irgendeiner Stelle des Rohrs verstärken. Formanten werden als Wellenspitzen registriert. Im Grunde entstehen im Ansatzrohr unzählige Resonanzen. Nur wenige davon sind für die Determination v.a. der Vokale bedeutsam. In der Regel wird versucht, in der menschlichen Sprache maximal die untersten fünf Formanten zu bestimmen, da alle anderen Formanten für das menschliche Gehör kaum wahrnehmbar sind. Die Formanten werden i. d. R. in den Vokalen gemessen, da diese am besten erforscht sind und die automatischen Analyseverfahren (*Praat-ohjelma* [das *Praat-Programm*]) für sie am besten geeignet sind (Lennes, 2004).

In Bezug auf die deutschen Vokale wird von jeweils vier Formanten ausgegangen (Spitzer, 2009; Wirth, 2000). Die für die menschliche Stimme charakteristischen Formanten liegen bei etwa 500 (F1), 1500 (F2), 2500 (F3) und 3500 Hertz (F4). Für die Identifizierung und Differenzierung der Vokale sind jeweils die ersten zwei Formanten von Bedeutung (Storch, 2009, S. 110; Wirth, 2000, S. 94). Die Formanten F3 und F4 sind wesentlich für die Identifikation des Sprechers (Wirth, 2000, S. 94).

Der erste Formant wird durch die Größe des Kiefernwinkels bestimmt. Je größer der Kiefernwinkel, desto höher liegt der Formant. Der zweite Formant wird durch die Länge des Resonanzraums im Mundraum und die Zungenform bestimmt; je länger der Resonanzraum, desto tiefer liegt der Formant (Spitzer, 2009, S. 267f; Storch 2009, S. 110). Von der Zungenspitze hängt die Größe des offenen Raums hinter den Schneidezähnen ab, was die Höhe des dritten Formanten bestimmt (Spitzer, 2009, S. 268). Der vierte Formant ist abhängig von der Größe des supraglottischen Raums und der Kehlkopfventrikel. Aufgrund von Gewebsschrumpfung und Verlust von Elastizität kommt es im Alter zu einer Erweiterung des Rachens, was eine Formantenverschiebung nach unten zur Folge hat (Wirth, 2000, S. 95).

Tabelle 3

Tonhöhen in Hz der drei unteren Formanten deutscher Vokale in Abhängigkeit von Geschlecht bzw. Alter des Sprechers.

Formant		/a:/	/e:/	/i:/	/o:/	/u:/
F1	Männer	730	530	270	570	440
	Frauen	850	610	310	590	470
	Kinder	1030	690	370	680	560
F2	Männer	1090	1840	2290	840	1020
	Frauen	1220	2330	2790	920	1160
	Kinder	1370	2610	3200	1060	1410
F3	Männer	2440	2480	3010	2410	2240
	Frauen	2810	2990	3310	2710	2680
	Kinder	3170	3570	3730	3180	3310

Anmerkungen. Die Formanten 1 und 2 kennzeichnen den Laut, der Formant 3 den Sprecher (nach Wirth, 2000, S. 96).

Wie in der Tabelle 3 ersichtlich wird, ist die Bandbreite der Formanten des Vokals „i“ besonders groß. Bei einer Schwerhörigkeit bis unter 1000 Hz werden die Vokale *i*, *e*, *a* aufgrund ihrer Nebenformanten wie ein dumpfes *o* gehört. Sängerinnen können deswegen bei hohen Lagen wegen der tief liegenden Formanten auch kein *o* oder *u* singen (Wirth 2000, S. 96).

Auch Konsonanten besitzen Formanten, die sie kennzeichnen (Lennes, 2004; Wirth, 2000, S. 106). Die Höhe des Frequenzbereichs ist abhängig von der Enge der Artikulationsöffnung, die der Phonationsstrom passiert. Bei einem physiologisch gebildeten Reibelaut /s/, wenn die Luft durch eine feine Rinne in den kleinen Resonanzraum zwischen dem vorderen Zungenrand und den Frontzähnen strömt, werden Frequenzen oberhalb von 6000 Hz verstärkt. Bei einem korrekt gebildeten /ʃ/ strömt Luft in einen wesentlich größeren Resonanzraum wenn die Lippen gerundet und eine breitere Rinne mit der Zunge gebildet wird. Hier liegen die Resonanzschwerpunkte bei 3300-5000 Hz. Bei Berücksichtigung der Tonhöhen deutscher Vokalformanten, die in Tabelle 3 gezeigt werden, wird bereits deutlich, dass die Möglichkeit von Überschneidungen der Formantfrequenzen verschiedener Laute groß ist. Ein Laut ergibt sich aus der Gesamtheit der Formanten (Lennes, 2004). Die Eckfrequenzen für die hohen Konsonanten liegen nach Wirth für:

- /s/ bei 8000 Hz

- /j/ bei 7000 Hz
- /ch/ bei 6400 Hz
- /f/ bei 6400 Hz.

In Anbetracht dieser Eckfrequenzen ist es einleuchtend, dass für das Erkennen dieser Konsonanten ein intaktes Hörvermögen und die Wahrnehmung der hohen Frequenzen unerlässlich ist (Wirth, 2000, S. 106; siehe auch 10.3.3). In einer sowjetischen Studie wurden Komponenten von Sprachlauten sowohl im Infraschallbereich, der nach Franke unterhalb von 16 Hz liegt (Franke, 2001, S. 108), als auch im Ultraschallbereich, der sich oberhalb von 20 kHz (Franke, 2001, S. 229) befindet, gefunden. Für die Plosive /t/, /p/, /d/ sowie für ihre weichen russischen Varianten wurden Formanten im Frequenzbereich zwischen 12 Hz und 80 Hz entdeckt. Die Frikative /s/, /z/, /ʃ/ besitzen Formanten bei 2000Hz, 4000Hz und 8000 Hz. Der Laut /f/ besitzt Formanten bei 4000 Hz und 8000 Hz, /k/ bei 2000 Hz und 8000 Hz. Sogar der Laut /h/ enthält Komponenten bei 8000 Hz. Der höchste Sprachlaut, /s/ enthält neben zahlreichen Formanten bei 2 kHz, 4 kHz und 8 kHz sogar einen Formanten im Ultraschallbereich bei 160 kHz (Miasnikov & Miasnikova, 1969).

Zu Konsonanten mit Vokalcharakter zählen im Deutschen *m*, *n*, und *l*. Es gibt bei den Konsonanten gleitende Übergänge von Klängen (stimmhaft) zu Geräuschen (stimmlos):

Die Konsonanten mit Klangübergewicht sind *r*, *l*, *m*, *n* und *ŋ*.

Die Konsonanten mit Geräuschübergewicht sind *w*, *z*, *b*, *d*, und *g*.

Reine Geräuschlaute sind *f*, *s*, *ch*, *p*, *t*, und *k* (Wirth, 2000, S. 100).

Jeder Laut kann von seinem vorangegangenen oder nachfolgenden Laut (Koartikulation) verändert werden. Offene Vokale (*a*, *o*, *u*) werden z.B. durch benachbarte Nasallaute nasalisiert. Ebenso kann z.B. die Artikulationszone des K-Lautes von hinten nach vorn gerückt werden *ku*, *ko*, *ka*, *ke*, *ki* (Storch, 2002, S. 83f; Wirth, 2000, S. 109).

Nicht nur der Frequenzbereich, in dem die jeweiligen Laute schwingen, ist für die Differenzierung entscheidend, wie soeben deutlich wurde, sondern auch die Dauer der Artikulation. Darüber hinaus gibt es charakteristische Unterschiede zwischen den Verzögerungszeiten und den Silbenlängen. In den Beispielen, die in der Abbildung 4 dargestellt werden, wird besonders deutlich, wie bedeutend die Verarbeitungsgeschwindigkeit für die Lautdiskrimination ist.

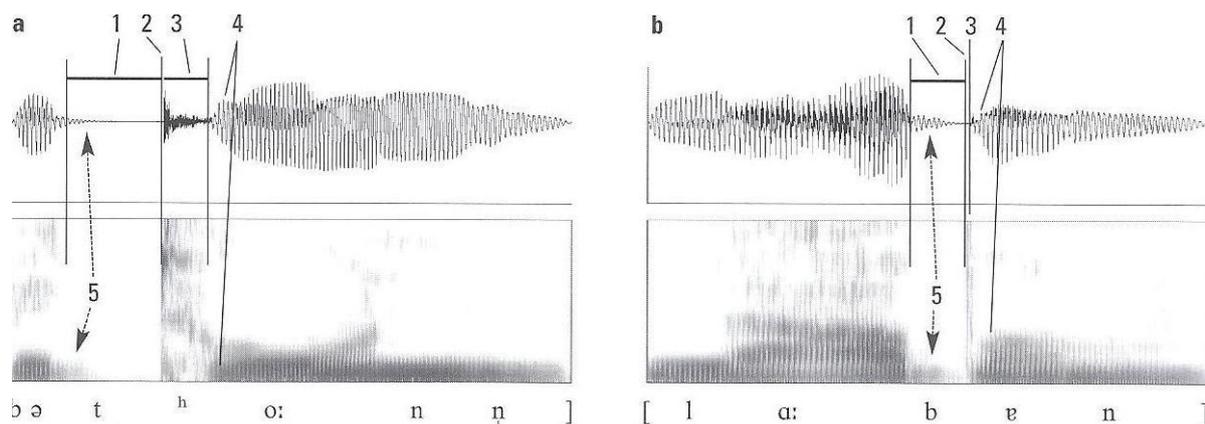


Abbildung 4. Die Darstellung von zwei Wörtern mit Verschlusslauten (Storch, G. [2002]. *Phonetik des Deutschen für sprachtherapeutische Berufe*, S. 112. Stockach: Günther Storch Verlag)⁶.

Anmerkungen. a) mit dem aspirierten stimmlosen Fortislaut [t^h] in „betonen“ und den stimmhaften Lenislaut [b] in b) „labern“ im Oszillogramm (oben) und im Spektrogramm (unten). Die x-Achse stellt in beiden Diagrammen die Zeit dar, die y-Achse die Amplitude der Schallwellen, was der Tonhöhe entspricht. Die Artikulation von [t^h] in „betonen“ von 1 bis 4 dauert 162,9 ms. Die Artikulation von [b] in „labern“ von 1 bis 4 dauert 70 ms.

Die zeitliche Struktur bei der Artikulation der Wörter „betonen“ und „labern“, die in der Abbildung 4 dargestellt werden, ist jeweils folgendermaßen: In dem Wort *betonen* setzen sich die einzelnen Phasen bei der Artikulation des Plosivs /t/ wie folgt zusammen: Die Verschlussphase (1) in der ein intraoraler Überdruck aufgebaut wird, dauert 109,2 ms. Nach deren Auflösung (2) erfolgt die Aspiration (3) mit einer Dauer von 53,7 ms. Danach setzen die Stimmlippenbewegungen mit dem [o:] (4) ein. Die Zeit zwischen der Verschlusslösung und dem Einsetzen der Stimmlippenbewegungen wird *voice-onset-time* (VOT) genannt. Sie beträgt in diesem Beispiel 53,7 ms (ebd., S. 112).

Bei *labern* dauert die Verschlussphase (1) 58,5 ms und die VOT 11,5 ms. Ob ein Verschlusslaut als stimmhaft oder stimmlos wahrgenommen wird, hängt in erster Linie von der VOT ab. So beträgt der Unterschied zwischen den Plosiven /g/ und /k/, /t/ und /d/ sowie /b/ und /p/ lediglich 20 Millisekunden (Spitzer 2009, S. 190, Storch 2002, S. 112f).

Bei Geminat, also lang gesprochenen Konsonanten, wie bei /ck/, /ff/, /pp/ oder bei langen Vokalen wird die Artikulation verlängert (Wirth 2000, Storch 2002, S. 113). Die Abbildungen 5 und 6 verdeutlichen die Frequenzbereiche und Artikulationsdauer der Phoneme in den Wörtern „Zeichenkiste“ und „Dielenfußboden“.

⁶ Mit freundlicher Genehmigung von G. Storch.



Abbildung 5. Das Wort „Zeichenkiste“ als Spektrogramm. Auf der x-Achse ist die Dauer der Artikulation in ms. Die y-Achse stellt die Tonhöhe in KHz dar. Die Querstreifen bei /ei/, /e/ und /i/ bilden die Formantenübergänge ab (AUDIVA)⁷.

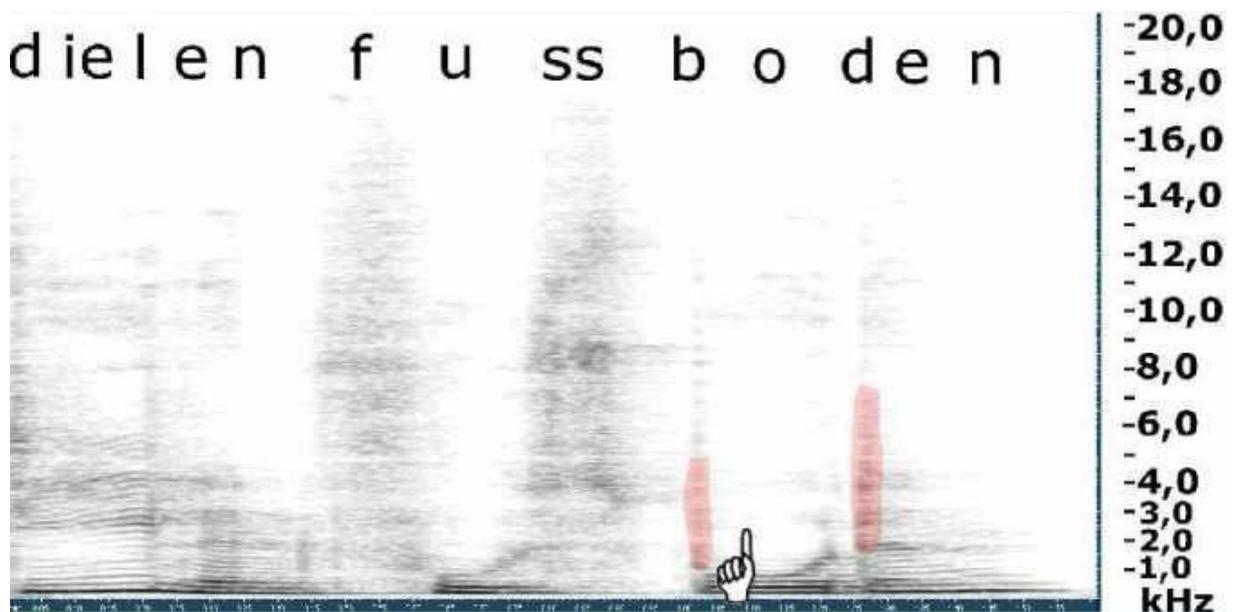


Abbildung 6. Das Wort „Dielenfußboden“ als Spektrogramm. Auf der x-Achse ist die Dauer der Artikulation in ms abgebildet. Auf der y-Achse ist die Tonhöhe der Laute in kHz angezeigt. Die Querstreifen der Formantenübergänge bei /ie/ sind deutlich zu erkennen (AUDIVA)⁸.

Anmerkungen. Aus den angeführten Beispielwörtern und den Abbildungen 4, 5 und 6 geht hervor, welche Verarbeitungspräzision in Bezug auf Tempo und Tonhöhe der Sprachwahrnehmung abverlangt wird.

⁷ und ⁸ Mit freundlicher Genehmigung von U. Minning.

5.1.3 Prosodie – die Musik in der Sprache

Die Art und Weise, wie eine sprachliche Information gesendet wird, geschieht neben Mimik und Gestik durch musikalische Parameter der Sprache. Ihr Oberbegriff ist die Prosodie. Die Bezeichnungen „Suprasegmentalia“ oder „Intonation“ werden in der Literatur ebenfalls synonym verwendet. Die Komponenten „Sprechtempo“, „Intonation“, „Akzent“ und „Rhythmus“ bilden die spezifische prosodische Gestaltung. Zu den Merkmalen zählen „Lautstärke“, „Lautdauer“, „Tonhöhe“ und „Pause“. Die kleinste suprasegmentale Einheit ist eine Silbe, die aus einem oder mehreren Phonemen besteht und in sich eine interne differenzierte Struktur besitzt (Spreer, 2011).

Im Gegensatz zu einem geschriebenen Wort besteht ein phonologisches Wort aus stark und schwach akzentuierten Silben. Trochäus ist das im Deutschen am häufigsten vorkommende Betonungsmuster und bezeichnet ein zweisilbiges Wort, in dem die erste Silbe betont wird, wie bei „Hose“. Jambus bezeichnet ein zweisilbiges Wort mit der Betonung auf der zweiten Silbe: „Signal“. Daktylus steht für ein dreisilbiges Wort mit der Betonung auf der ersten Silbe: „Risiko“. „Elefant“ gehört zum Typ Anapäst (Spreer, 2011). Bereits 5 Monate alte Säuglinge sind in der Lage, einen Trochäus in einer Reihe von Jamben zu erkennen, was mit MMN Messungen nachgewiesen werden konnte (Weber et al., 2004, zit. nach Jentschke & Koelsch, 2011).

Mit der Prosodie werden neben den sprachlichen Informationen kognitive, emotionale und soziale Informationen transportiert. Eine der zentralen Funktionen für die Kommunikation ist dabei u.a. die Unterscheidung von Aussage, Frage-, Befehls- und Aufforderungssatz durch den Satzakzent und die Intonation („Du gehst hin?“ vs. „Du gehst hin!“). Die Gliederung einer Äußerung wird durch die Pausengestaltung und unterschiedliche Intonationsverläufe markiert, um Mehrdeutigkeiten wie beispielweise bei den Rechenaufgaben $9 + (3 \times 7)$ vs. $(9+3) \times 7$ aufzulösen. Durch die prosodische Kontur der Sprache werden affektive Eigenschaften, emotionale Befindlichkeiten und Meinungen ebenso vermittelt wie pragmatische Aspekte in einer Kommunikationssituation (Spreer, 2011; Storch 2002, S. 93f). Die melodische Kontur der Musik drückt diese über Melodien aus (Therub, 2003, zit. nach Jentschke & Koelsch, 2011).

„Am Anfang steht die Prosodie“ (Grimm, 2003, S. 23). Das auditorisch-sensorische Gedächtnis hat einen wichtigen Anteil an der Verarbeitung von Prosodie, die beim Spracherwerb eine zentrale Bedeutung hat (Jentschke & Koelsch, 2011). Säuglinge besitzen eine spezifische Sensitivität bezüglich prosodischer Informationen. Dadurch sind sie in der Lage, unterschiedliche prosodische Muster in der Sprache auf Phrasen- und Wortebene zu diskriminieren. Sie entwickeln schon früh ein Gefühl für die zeitliche Ausdehnung der Wörter am Satzende. In der Musik bevorzugen sie Konsonanzen gegenüber Dissonanzen (Hannon & Schellenberg, 2008). Aus dieser Fähigkeit heraus lernt der Säugling immer größere Einheiten im Sprachangebot zu erkennen. Die universale „an das Kind gerichtete

Sprache“, KGS, bzw. „Ammensprache“, (engl. *Infant directed speech, motherese, baby-talk*) besteht aus kurzen, syntaktisch einfachen Sätzen mit häufigen Wiederholungen und deutlich markierten prosodischen Parametern (Hannon & Schellenberg, 2008; Papoušek, 2001; Sallat, 2008; Spreer, 2011). Eltern auf der ganzen Welt heben ihre Stimme um mehrere Halbtöne an und verlängern die vokalischen Anteile der Silben. Neue Wörter werden prosodisch besonders deutlich markiert. Tiefe, langgezogene Töne beruhigen den Säugling, hohe Töne wecken seine Aufmerksamkeit und regen an (Hannon & Schellenberg, 2008; Papoušek, 2001, S. 149; Rosenkötter, 2003, S. 49). Bedeutungstragende Wörter in einem interaktiven Dialog werden mit melodischen Gesten hervorgehoben (Papoušek, 2001, S. 153).

Sprachen unterscheiden sich neben bevorzugten Frequenzbereichen (siehe Abschnitt 2.4) auch durch ihre rhythmisch-prosodische Struktur, die eng mit der grammatikalischen Struktur einer Sprache verknüpft ist (Penner, 2006; Gervain & Werker, 2013). Die grundlegende Wortordnung einer Sprache wird mit der Reihenfolge von Verb und dessen Objekt definiert und zwar entweder VO oder OV, was wiederum mit der Reihenfolge der übrigen Satzglieder korreliert. In VO-Sprachen wie Englisch und Deutsch stehen Artikel bzw. Präpositionen vor dem Nomen (*to London, nach Berlin*). In OV-Sprachen wie Japanisch stehen sie hinter dem Nomen (*Tokyo ni*). Darüber hinaus stehen Funktionswörter in VO-Sprachen normalerweise am Anfang eines Satzes während sie in OV-Sprachen am Ende stehen. Funktionswörter kommen im Satz auch häufiger vor als Inhaltswörter. Daraus ergeben sich unterschiedliche prosodische Muster. In VO-Sprachen werden Inhaltswörter im Gegensatz zu Funktionswörtern verlängert und es ergibt sich ein „Stark-Schwach-Muster“ (*to London, nach Bremen*). In OV-Sprachen unterscheiden sich Inhaltswörter von Funktionswörtern entweder durch ihre Tonhöhe und/oder durch die Intensität wodurch ein „Stark-Schwach-Muster“ entsteht (*Tokyo ni*). Bereits 7 Monate alte bilinguale Säuglinge (Englisch-Japanisch) sind in der Lage, diese Unterschiede wahrzunehmen (Gervain & Werker, 2013).

Neben der Einteilung in VO- und OV-Sprachen lässt sich auch eine andere Klassifizierung vornehmen: „stress-timed“, wie Deutsch und Englisch, bei denen sich betonte und unbetonte Silben abwechseln, „syllable-timed“, wie Französisch und Spanisch, bei denen die Silben gleich betont werden, sowie „mora-timed“, wie z.B. die japanische Sprache, bei der die Silben unregelmäßig betont werden (Nazzi et al., 1998, zit. nach Sallat, 2008, S. 8).

Bereits Neugeborene sind in der Lage zwei Sprachen aufgrund ihrer rhythmischen Struktur zu unterscheiden (siehe Abschnitt 2.5; Gervain & Werker, 2013). Sie unterscheiden zwischen betonten und unbetonten und zwischen langen und kurzen Silben. Sie erkennen verschiedene Betonungsmuster ihrer Muttersprache sowie Grenzen zwischen Wörtern, verschiedenen Satzgliedern sowie zwischen Haupt- und Nebensätzen (Penner, 2006, S. 26).

Ein Teil der Kinder mit einer spezifischen Sprachentwicklungsstörung hat jedoch Schwierigkeiten, im Rahmen des Sprachrezeptionsprozesses die Informationen, die in den prosodischen Parametern enthalten sind, zu entschlüsseln (Penner, 2006; Sachse & von Suchholdoletz, 2011; Spreer, 2011). Szagun führt die Häufung von Artikelfehlern im Deutschen bei CI-versorgten Kindern im Vergleich zu normalhörenden Kindern darauf zurück, dass bestimmte Artikel im Gegensatz zu Inhaltswörtern im Satz unbetont bleiben und daher schlechter wahrnehmbar sind (Szagun, 2001).

Aus der Regelmäßigkeit der prosodischen Muster des Deutschen, die die Grundlage sowohl für das Bilden von Wörtern, morphologischen Strukturen ebenso wie für den Satzbau darstellt, hat Penner eine Methode für die frühe Sprachförderung entwickelt - die Wortfabrik mit drei Hallen. Die erste Halle ist die Bedarfshalle, die zweite die Hauptbetonungshalle und die dritte die Regelhalle. Halle eins bleibt häufig unbesetzt, Halle zwei produziert immer, und Halle drei ist zuständig für die Regelanwendung und produziert nur unbetonte und kurze Silben oder kann auch leerbleiben (Penner, 2006, S. 20). Der systematische Förderansatz setzt an den prosodischen Regeln der deutschen Sprache an und ist für junge Kinder mit einer Sprachentwicklungsverzögerung konzipiert, die nicht über das Regelwerk verfügen, aus Lauten Silben, aus Silben Wörter und aus Wörtern Sätze zu produzieren. Aufgrund eines linkshemisphärischen Defizits sind sie darauf angewiesen, dieses rechtshemisphärisch zu kompensieren. Eine Satzfabrik beruht ähnlich wie die Wortfabrik auf prosodischen Regeln der Syntax der deutschen Sprache und enthält sieben Hallen, von denen einige beim Satzbau auch leer bleiben können, weil ein Satz auch aus weniger als sieben Elementen zusammengesetzt werden kann (Penner, 2006).

5.1.4 Gemeinsamkeiten zwischen Kultur und Musik

Der ungarische Komponist und Musikpädagoge Kodály bezeichnete das Volkslied als die musikalische Muttersprache des Kindes, das ebenso wie die Muttersprache möglichst früh „nach Gehör“ gelernt werden sollte. Er bezog sich dabei auf die Schriften von Robert Schumann, der die Bedeutung des Volksliedes als hoch einschätzte. Kodály sah im Volkslied, das in der Originalsprache gesungen werden soll, eine Formeinheit, eine Harmonie von Text und Melodie, die den spontanen Ausdruck der Volksseele darstellt (Szönyí, 1973). Die Muttersprache und die jeweilige Volksmusik teilen sich einen gemeinsamen Akzent (Goddard-Blythe, 2009, S. 181). Cross (2001) fasst den Gedanken auf die einfache Formel, dass Musik in „unseren Knochen steckt“ (Cross, 2001) und daher „unsere Kultur in unserer Musik steckt“. Die Wurzeln der Musikalität eines Menschen beruhen insbesondere in der Interaktion zwischen dem Kind und der Bezugsperson (Cross, 2001). Ausgangspunkt des Singens und Sprechens sind die frühen Vokalisationen des Säuglings in dem er die Tonhöhen der Laute variiert und

Tondauern verlängert (Papoušek, 2001). Kinder lernen durch Wiederholungen in den Spielliedern eine musikalische Muttersprache, die durch typische Rhythmusmuster und Melodiefolgen je nach kulturellem Kontext gekennzeichnet ist (Bjørkvold, 1990, 1992, zit. nach Plahl, 2011). Im Gegensatz dazu haben Wiegenlieder etwas Universelles. Sie besitzen „eine fallende Liedkontur“. Durch ihre einfache Struktur und häufige Wiederholungen zeichnen sie sich überall auf der Welt aus. Auch ungeübte Hörer identifizieren Wiegenlieder aus fremden Kulturen (Hannon & Schellenberg, 2008; Therub et al., 1993, zit. nach Therub, 2001). Hannon und Trainor (2007) gehen davon aus, dass sich das auditive System eines Kindes in der jeweiligen klanglichen Umgebung den jeweils kulturell typischen Mustern der Sprache und Musik intuitiv anpasst.

Implizites Wissen um Harmonien in der Musik wird durch die in den meisten Kinderliedern enthaltenen häufigen Wiederholungen musikalischer Muster und Töne sowie ihrer einfachen Struktur erworben (Jentschke & Koelsch, 2011). Junge Kinder bevorzugen harmonische Konsonanzen und metrische Rhythmen (Therub, 2001). In Studien konnte beobachtet werden, dass bereits 2-jährige Kinder auf irreguläre Akkorde reagieren (Hannon & Trainor, 2007).

Patel und Daniele (2003) sind der Frage nachgegangen, ob „der nationale Charakter“ (Patel & Daniele, 2003) einer Musik mit wissenschaftlichen Mitteln belegbar ist. Ihnen ist der Nachweis gelungen, dass Komponisten von der rhythmisch-prosodischen Struktur ihrer Muttersprache bei Kompositionen mit einem „nationaltypischen Charakter“ beeinflusst werden (ebd.). Die Studie bezog sich auf britisches Englisch und Französisch und auf britische und französische Komponisten und der von ihnen komponierte Instrumentalmusik des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts, einer Zeit von nationalistischen Tendenzen. Das Englische (GB) gehört zu den „stress-timed“-Sprachen, in der die Länge der Vokale variationsreicher ist als bei den „syllable-timed“-Sprachen (Grabe & Low, 2002, zit. nach Patel & Daniele, 2003). Es ist bekannt, dass die Aufmerksamkeit des Zuhörers auf die Muster der Vokallängen der gesprochenen Sprache gerichtet ist (Carlson et al., 1979, zit. nach Patel & Daniele, 2003). Daher ist es wahrscheinlich, dass das zeitliche Muster der Vokale zum Rhythmusgefühl einer Sprache (Prosodie) beiträgt (Patel & Daniele, 2003). Für die Untersuchung wurde als Messinstrument eine Formel ($nPVI = \text{normalized Pairwise Variability Index}$) herangezogen, die im Sprachkontext für die Bestimmung der Variabilität der Vokallänge entwickelt wurde (Grabe & Low, 2002, Ramus, 2002, zit. nach Patel & Daniele, 2003).

Die Musikstücke, die für die Vergleichsstudie herangezogen wurden, stammten von sechs britischen und zehn französischen Komponisten, darunter Edvard Elgar und Vaughan Williams sowie Debussy, Ravel und Saint-Saëns. Sie sollten strengen formalen Kriterien unterliegen und thematisch keinen Lied- oder Tanzcharakter haben, nicht auf Kinder ausgerichtet sein und keine exotischen Themen beinhalten oder nach dem Stil anderer Komponisten geschrieben sein. Die ausgewählten 137 britischen und 187 französischen Musikstücke erfüllten alle Kriterien. Die Studienergebnisse bestätigen

die Hypothese, dass der Rhythmus einer Musik mit einem „nationalen Charakter“ mit der Prosodie der Muttersprache des Komponisten korrespondiert, obwohl die Kompositionen keine Anleihen aus der jeweiligen Volksmusik enthalten. Eine Erklärung dürfte nach Patel und Daniele sein, dass Komponisten als Mitglieder einer Kultur und Sprachgemeinschaft den Rhythmus ihrer Muttersprache im Ohr haben. Darüber hinaus werden sie in ihrer Kindheit mit der Volksmusik ihres Landes sozialisiert. Die Musik des französischen Komponisten D'Indy fiel in der Studie aus dem Rahmen. Patel und Daniele erklären es dadurch, dass D'Indy ein großer Bewunderer von deutschen Komponisten war, deren deutsche Muttersprache auch eine „stress-timed“-Sprache wie das Englische ist (Patel & Daniele, 2003).

5.2 Neuronale Verarbeitung von Sprache und Musik

Lange bevor Säuglinge Sprache verstehen, zeigen sie eine rechtshirige Präferenz (linke Hemisphäre) für sprachliche Signale und linkshirige Präferenz (rechte Hemisphäre) für Musik (Best et al., 1982, Bertoncini et al., 1989, zit. nach Therub, 2001). Säuglinge zeigen im Alter von 8 Monaten eine linkshirige Überlegenheit für die Verarbeitung von Konturen und rechtshirige Überlegenheit für die Verarbeitung von Intervallen (Balaban et al., 1998, zit. nach Therub, 2001). Diese Lateralitätsmuster entsprechen denen von Erwachsenen (Peretz, 1987, Peretz & Babai, 1992, zit. nach Therub, 2001).

5.2.1 Verarbeitung von Sprache

Ab einem Alter von etwa 24 Monaten beginnt der Wortschatz eines Kindes mit regelrechter Sprachentwicklung rasant zu wachsen. Diesen Wortschatzsprung begründet Locke (1997) mit dem Hemisphärenumschwung: Zunächst speichert das Kind Wörter ganzheitlich bis zum 20. Lebensmonat. Die rechte Hemisphäre arbeitet zunächst verstärkt. Wenn eine ausreichend große kritische Masse erreicht ist, kommt es zur Aktivierung des linkshemisphärischen linguistischen Systems der Strukturanalyse. In der linken Hemisphäre werden segmentale Eigenschaften sowie morpho-syntaktische Einheiten und Regeln von Sprache identifiziert (Locke, 1997).

Zum unauffälligen Sprechen und Sprachverstehen ist eine Koordination beider Hemisphären erforderlich. Die linke Hemisphäre ist zur Verarbeitung schnell hintereinander erfolgender Reize und die rechte Seite zur gesamtseitigen Erfassung besonders gut geeignet (von Suchodoletz, 2005). Auditive und verbale Anforderungen bewirken bei Kindern mit einer Sprachentwicklungsstörung eine Erhöhung des Blutflusses im ganzen Gehirn, der signifikant höher ist als bei altersgerecht entwickelten

Kindern (Tzourio et al., 1994, zit. nach von Suchodoletz, 2001). Je früher kleine Kinder phonologische Stimuli in der linken Hemisphäre verarbeiten, umso besser entwickeln sich ihre sprachlichen Fähigkeiten (Mills et al. 1997, zit. nach Johansen, 2002).

Bei über 90 % der Rechtshänder und bei etwa 60 % der Linkshänder wird das Sprachzentrum der linken Hirnhälfte zugeordnet. Bei etwa 1-2 % der Menschen befindet sich das Sprachzentrum in der rechten Hemisphäre. Bei den übrigen besteht eine beidseitige Dominanz (Rohkamm, 2003, S. 124f). Nach Wirth befindet sich bei über 95 % der Rechtshänder und bei 60-70 % der Linkshänder das Sprachzentrum in der linken Hemisphäre. Bei 15 % der Linkshänder liegt eine beidseitige und bei weiteren 15 % von ihnen eine rechtseitige Sprachdominanz vor, was beinahe ausnahmslos erblich ist (Wirth, 2000, S. 68).

Johansen bezieht sich auf Studien, die ergeben haben, dass eine einseitige Beeinträchtigung des rechten Ohres bei Kindern eher zu Problemen in der Silbenerkennung führt als eine linksseitige Beeinträchtigung (Bess, Tharpe & Gibler, 1986, zit. nach Johansen, 2002). Wenn man berücksichtigt, dass etwa 80 % der auditiven Informationen zum gegenüberliegenden Olivenkern geleitet werden (siehe Kap. 2), ergibt sich daraus, dass der Großteil der auditiven Informationen am schnellsten über das rechte Ohr in die sprachverarbeitenden Regionen gelangen müsste.

Neurowissenschaftliche Studien haben die Existenz eines musiksprachlichen Netzwerks im Gehirn nachgewiesen, in dem Musik und Sprache gleichermaßen verarbeitet wird. Für das Erkennen von musikalischen und sprachlichen Rhythmen sind dieselben Hirnareale aktiviert. Prosodische Merkmale der Sprache werden wie Musik eher rechtshemisphärisch verarbeitet (Friederici & Alter, 2004, zit. nach Jentschke & Koelsch, 2011; Patel, 2003).

5.2.2 Beeinträchtigungen in der Sprachverarbeitung

Aus den vorangegangenen Ausführungen geht hervor, dass neben der genauen Analyse der Formanten in ihren Frequenzbereichen und der Resonanzschwerpunkte der Phoneme noch die zeitliche Analyse von entscheidender Bedeutung für die Erkennung von Sprachlauten ist. Ferner hat die Verarbeitung von Prosodie eine fundamentale Bedeutung für das Sprachverständnis (siehe Abschnitt 5.1.3). Es gibt Hinweise darauf, dass Kinder mit einer Lese-Rechtschreibschwäche häufig eine verlangsamte kortikale akustische Signalverarbeitung haben (siehe auch Kap. 4). Dadurch ist die Diskrimination zwischen manchen Konsonanten erschwert (Spitzer, 2009, S. 190; Wirth, 2000; siehe Abb. 4).

Overy sieht ein generelles Problem mit dem Timing, was sich in anderen Bereichen wie bei Musik, Wahrnehmung allgemein, Kognition und auch motorischer Steuerung ebenfalls bemerkbar macht (Overy, 2003). In der angelsächsischen Literatur wird als Timing die konkrete Realisierung von Ton-

längen und deren Realisation beim Musizieren bezeichnet (Auhagen, 2008). Die Artikulation kann ebenfalls zum Timing gezählt werden, da sie durch zeitliche Gestaltung erfolgt (Gabrielsson, 1999, zit. nach Auhagen, 2008). Bei Kindern mit Poltersymptomatik ist auch die Häufigkeit von Sprachentwicklungsstörung und Lese-Rechtschreibstörung sehr auffällig (Sick, 2004, S. 58). Fehlerhafte Betonung in Form von fehlerhaften Wort- und Satzakzenten und unrhythmisches Sprechen, reduzierte Betonung oder situationsunangepasste Intonation, die fürs Poltern typisch sind, sind prosodische Auffälligkeiten, die das Zuhören erschweren. Sie führen schließlich zu pragmatischen Störungen (ebd., S. 37). Es wird angenommen, dass zumindest bei einem Teil von stotternden Personen Abnormitäten im zentral-auditiven System vorliegen (Rosenfield & Jerger, 1985, zit. nach Natke, 2005, S.58). Beim Stottern handelt es sich vorrangig um eine Störung des Timings (Conture et al., 2001, S. 2, zit. nach Ochsenkühn & Thiel, 2005, S. 36).

Gathercole und Baddeley (1990) stellen die Hypothese auf, dass Schwierigkeiten im Spracherwerb damit zu erklären seien, dass die Prozesse der akustischen und segmentalen Analyse der phonologischen Ereignisse verwaschen sein könnten, sodass einerseits die Repräsentationen wenig diskriminationsfähig und abrufbar sind oder andererseits, dass die Kapazität des Speichers gering ist. Somit liegt die Ursache für eine gestörte phonologische Gedächtnisleistung eher in der phonologischen Repräsentation als in der phonologischen Schleifenkomponente (Werner, 2009). Hasselhorn et al. (2003) gehen davon aus, dass die Präzision des phonologischen Speichers bei Kindern mit verzögerter Sprachentwicklung eingeschränkt ist (siehe Abschnitte 3.2 und 4.2.2). Ähnliches stellen Nickisch und Massinger (2011) in einer Studie fest. Bei 27 Kindern im Alter zwischen 8 und 11 Jahren mit einer diagnostizierten spezifischen Sprachentwicklungsstörung lagen die Frequenzdifferenzierungsfähigkeit und die monaurale zeitliche Ordnungsschwelle mit Tonfrequenzen deutlich unter den Werten von unauffälligen Kontrollkindern. Ferner stellt das Forscherteam fest, dass diese Messergebnisse mit den phonologischen und sprachlichen Leistungen der Kinder korrelierten. Sie schlussfolgern daraus, dass sich eine gestörte Frequenzdifferenzierung ungünstig auf die Verarbeitung von Formantenübergängen der Laute auswirkt und es dadurch zu Problemen in der Phonemdifferenzierung kommt (siehe auch Abschnitte 4.2.1 und 5.1.2 dieser Arbeit zur Lautdiskrimination).

Jones, Lucker, Zalewski, Brewer & Drayna (2009) haben die phonologischen Fähigkeiten bei erwachsenen normalhörenden Studienteilnehmern untersucht. Im Fokus stand die Tonunterscheidungsfähigkeit von unmusikalischen Personen. Die 69 Teilnehmer waren aus einer Population von 864 ausgewählt worden. Die Auswahl erfolgte einerseits anhand von üblichen wissenschaftlichen Kriterien und Händigkeit sowie andererseits aufgrund von Testergebnissen aus dem „Distorted Tunes Test“ (DTT) zur Tonhöhenunterscheidungsfähigkeit. Der Test überprüft die Fähigkeit, falsche Töne in bekannten Melodien zu erkennen. 35 Teilnehmer, im Durchschnittsalter von 25 Jahren, erreichten einen Prozentrang ≤ 18 und wurden als unmusikalisch eingestuft. Die Kontrollgruppe bestand aus 34

Teilnehmern, im Durchschnittsalter von 26; 7 Jahren, die einen Prozentrang von ≥ 24 erreicht hatten. Die auditive Wortdiskriminationsfähigkeit wurde mit dem „The Test of Auditory Processing Skills“, TAPS (Gardner, 1997, zit. nach Jones et al., 2009), überprüft. Er testet die phonologische Bewusstheit. Silbensegmentieren (Phonemische Bewusstheit) wurde mit einem Untertest aus dem „Fullerton Language Test for Adolescents“ (Thorun, 1986, zit. nach ebd.) getestet. Die phonologische Verarbeitung der Teilnehmer wurde mit dem „Comprehensive Test of Phonological Processing“, CTOPP (Torgesen, Wagner & Rashott, 1994, zit. nach ebd.), überprüft, der ebenfalls die phonologische Bewusstheit testet. Darin mussten die Teilnehmer folgende Aufgaben lösen: Elisionen auflösen, rückwärts sprechen, Wörter in Phoneme segmentieren, Kunstwörter in Phoneme segmentieren, sowie mithilfe der Phonemsynthese Wörter und Kunstwörter bilden. Die Leistungen der unmusikalischen Teilnehmer lagen sowohl in den Tests zur phonologischen Bewusstheit als auch in Aufgaben zur phonemischen Bewusstheit (*phonemic awareness*) signifikant niedriger als die der Kontrollgruppe ($p < .001$). In Anbetracht der Ergebnisse der Studie folgern Jones et al. (2009), dass es Übereinstimmungen in den Defiziten der phonologischen Fähigkeiten und Musikalität gibt, und dass bei der Behandlung von phonologischen und anderen Sprachstörungen Therapien, die auf Musik basieren, nützlich sein könnten.

Wie bereits eingangs erwähnt wurde, lässt sich über das dichotische Hören die Leseleistung vorher sagen (Johansen, 2002). Bei Menschen mit Legasthenie ist die Lateralisation im Durchschnitt weniger ausgeprägt als bei Menschen ohne Lese-Rechtschreibproblematik, und sie zeigen eine linksohrige Dominanz im dichotischen Hörtest (Wirth, 2000, S. 75). Von Suchodoletz (2005) sieht hingegen aufgrund eigener Studien keinen Zusammenhang zwischen nicht eindeutiger Dominanzentwicklung und Sprachentwicklungsstörungen.

5.2.3 Verarbeitung von Musik bei sprachauffälligen Kindern

In mehreren Studien sind Gemeinsamkeiten in der Verarbeitung von Sprache und Musik aufgezeigt worden (u.a. Anvari, Trainor, Woodside & Levy, 2002; Jentschke & Koelsch, 2011; Koelsch & Friederici, 2003; Overy, 2003; Thompson, Schellenberg & Husain, 2003; Sallat, 2008, 2009, 2011).

Sallat (2008) vergleicht in einer Untersuchung 39 5-jährige Kinder mit einer spezifischen Sprachentwicklungsstörung mit 41 gleichaltrigen, sprachunauffälligen Kindern und mit 15 jüngeren, sprachlich normal entwickelten Kindern, die dem Sprachentwicklungsstand der Kinder mit SSES entsprechen. Zur musikalischen Vorbildung der Kinder hatte Sallat anhand von Elternfragebögen festgehalten, dass in den Familien der sprachnormalen Kinder bei 2 % nie, bei 32 % selten, bei 50 % gelegentlich und bei 16 % zuhause oft musiziert, gesungen oder getanzt wird (vgl. Abschnitt 6.2.8). In den

Familien mit sprachauffälligen Kindern wurde noch seltener zuhause Musik gemacht. Die Gruppenunterschiede waren jedoch statistisch nicht signifikant (Sallat, 2008).

In der Studie wurde der Zusammenhang zwischen musikalischen und sprachlichen Fähigkeiten untersucht, insbesondere mit dem Fokus auf Sprachentwicklungsstörungen. Die Untersuchung hatte ferner das Ziel, neue diagnostische und therapeutische Methoden für spezifische Sprachentwicklungsstörungen (SSES) zu entwickeln. In der Studie wurde das Musikverstehen als Äquivalent für das Sprachverstehen betrachtet. Die Kinder hatten die Aufgabe, invariante Töne und Rhythmen in bekannten Kinderliedern zu erkennen. In einer weiteren Aufgabe wurde überprüft, ob die Kinder eine bekannte Melodie in veränderten Darbietungen richtig zuordnen können. Die Leistungen der Kinder mit einer SSES entsprachen weitgehend denen der jüngeren Kinder der Sprachkontrollgruppe. In der letzten Aufgabe schnitten die Kinder mit SSES sogar schlechter ab als die jüngeren Kinder mit dem gleichen Sprachstand. Auch im Nachklopfen von Rhythmen und Nachsingen von längeren Tonfolgen erbrachten die Kinder mit einer SSES vergleichbare Leistungen wie die jüngeren Kinder. Beim musikalischen (rhythmisch-melodisch) Arbeitsgedächtnis waren die Leistungen der sprachauffälligen Kinder ebenfalls vergleichbar mit denen der Sprachkontrollgruppe. In der alle jünger waren als die sprachauffälligen Kinder. Sallat kommt zu der Erkenntnis, dass die Probleme in der Musikverarbeitung im Zusammenhang mit spezifischen Sprachentwicklungsstörungen stehen. Besondere Bedeutung kommt dabei dem phonologischen Arbeitsgedächtnis zu, das auch für das Erkennen und Behalten von Tonfolgen zuständig ist (Grube, 1998). Sallat sieht die Erklärung der reduzierten Verarbeitungskapazität in der fehlenden Automatisierung der Verarbeitung musikalischer Parameter der Sprachsignale. Diese behindert ständig die Sprachverarbeitung und den Spracherwerb bei einem Kind mit einer Sprachentwicklungsstörung. Aus dieser Erkenntnis heraus hat Sallat ein diagnostisches Instrument entwickelt, mit dem man bei sehr jungen Kindern die Leistung des phonologischen Arbeitsgedächtnisses mit musikalischen Tonfolgen überprüfen kann, um somit eine spezifische Sprachentwicklungsstörung möglichst früh zu erkennen (Sallat, 2008, 2009, 2011).

Die Einzelelemente von Sprache und Musik werden nach einem Regelsystem, der Syntax, in hierarchisch strukturierte Sequenzen zusammengesetzt (Hannon & Trainor, 2007; Jentschke & Koelsch, 2009, 2011; Koelsch & Jentschke, 2009). Jentschke und Koelsch untersuchten die neuronalen Prozesse, die der Verarbeitung musikalischer und linguistischer Syntax zugrunde liegen. Diese Prozesse finden in vergleichbaren Hirnregionen statt. Es konnte nachgewiesen werden, dass 4- bis 5-jährige Kinder mit einer SSES im Gegensatz zu sprachunauffälligen Kindern gleichen Alters keine Reaktion auf eine Regelverletzung der musikalischen Syntax, d.h. auf irreguläre Akkorde zeigen. Diese Kinder hatten vergleichbare Schwierigkeiten bei der Verarbeitung von sprachlicher Syntax (Jentschke & Koelsch, 2009, 2011; siehe 6.2.5.2).

6 Wirkungen von Musik

6.1. Psychologische und physiologische Wirkungsweisen

Musik kann in Bezug auf ihre Wirkung in zwei Gruppen eingeteilt werden, die ergotrope Musik mit Dur-Tonarten, die aktiviert und stimuliert, und die trophotrope Musik mit Moll-Tonarten, die beruhigt und entspannt (Quast, 2005, S. 56ff). Der nahezu bewegungslose Zustand der Ekstase besitzt ein trophotropes Profil, während Trance ein ergotroper Zustand ist (Fachner, 2008). Dass Kinder überall auf der Welt bei einfach strukturierten Wiegenliedern in den Schlaf finden und Menschen bei Konzerten in Trance-ähnliche Zustände fallen, hängt mit der Wirkung der jeweiligen Musik zusammen (Therub, 2001). Fachner hingegen hält es für eher unwahrscheinlich, dass die Auslösung von Trance ausschließlich auf Musik und ihre Parameter zurückzuführen sei. Für ihn ist der Grad veränderter Bewusstseinszustände durch Musik abhängig vom sozialen Kontext, der Persönlichkeit, der Physiologie und des kulturellen Rahmens des Individuums (Fachner, 2008).

In schwarzafrikanischer Musik dient die Dominanz der Schlaginstrumente zur Herbeiführung rauschhafter Zustände. In asiatischen Meditationstechniken soll die Konzentration auf Zählen der Atemzüge oder Wiederholen von Mantras helfen, das Alltagsbewusstsein auszuschalten. Nach Miehlings ist der „Beat“ bzw. die „Gewaltmusik“ (Miehlings, 2006), die aggressive Variante eines Mantras. Sie wird vom Hörer oft mit Körperbewegungen begleitet, was ihn in einen hypnoseähnlichen Zustand versetzt. In diesem Zustand ist der Hörer besonders empfänglich für die sprachliche Botschaft der Musik (Miehlings, 2006, S. 417).

Tomatis (1996) hat auf der Grundlage von Erfahrungswerten eine „Geographie der Töne“ (siehe 2.4) entdeckt, nach der die Wirkung von Musik nach Frequenzbereichen eingeteilt werden kann:

< ca. 1000 Hz	stimuliert die Propriozeption und Motorik,
< ca. 1000-3000 Hz	stimuliert auch die Sprache,
< 3000-8000 Hz	stimuliert insbesondere die Wachheit,
> 8000 Hz	öffnet für andere Bewusstseinszustände (Beckedorf & Müller, 2010, S. 230).

Laut Tomatis unterscheidet sich die Wirkungsweise von Frequenzen auf den Menschen entscheidend dadurch, dass die tiefen Töne auf den Körper einwirken ohne ihn jedoch aufzuladen, während die hohen Töne die Hirnrinde aktivieren und somit das Denken fördern (vgl. Abschnitt 2.4). Durch Harmonisierung bei der Verteilung der Hirnrindenergie erklären sich für Tomatis seine positiven Ergebnisse bei der erfolgreichen Behandlung von depressiven Menschen mit der Tomatis-Therapie (Tomatis, 1996, S. 318).

Bei den Naturvölkern hat Musik eine zentrale Rolle bei Ritualen und Zeremonien. Für die Kaluli in Papua Neu Guinea wird z.B. mithilfe von Musik mit den Toten Kontakt aufgenommen (Blacking, 1995, Merriam, 1964, zit. nach Cross, 2001). In Gesellschaften mit einem großen Anteil an Analphabeten werden politische Parolen, Informationen und alte Weisheiten immer noch singend verbreitet (Stadler Elmer, 2008). Wenn Musik und Sprache gleichzeitig wahrgenommen und verarbeitet werden, werden größtenteils sich ergänzende Areale der Großhirnrinde aktiviert (siehe vorheriges Kapitel). Diese Wirkung wird in pädagogischen und therapeutischen Settings eingesetzt. Die Verarbeitung von Musik kann auch das vegetative Nervensystem aktivieren und dadurch praktisch die Funktion aller Körperorgane modulieren (Beckedorf & Müller, 2010; Koelsch & Schröger, 2008; Quast, 2005, S. 55ff).

Zehentbauer (2005) beschreibt, wie beim Hören angenehmer Musik die Dopaminausschüttung steigt (Blood & Zatorre, 2001; Brown, 2004; Minon, 2005, zit. nach Bauer, 2006, S. 43; Zehentbauer, 2005, S. 120, 130). Dadurch entsteht eine verbesserte Konzentration und Lernbereitschaft. Die interne Belohnung durch Dopamin ist ein fundamentaler Motivationsmechanismus beim Lernen und Problemlösen (vgl. 3.1). Dopamin sichert die Speicherung von Erfahrungen im Langzeitgedächtnis (Scheich, 2003). Der Genuss von Musik kann die Oxytozin-Synthese fördern. Oxytozin gilt als das Bindungshormon, dessen Produktion, z.B. neben Zärtlichkeiten, auch durch gemeinsames Singen angeregt werden kann (Bauer, 2006, S. 49f).

In seinem kritischen Werk über die zeitgenössische Populärmusik beschreibt Miehling, wie Musikproduzenten neben der manipulativen Wirkung über Lautstärke und Rhythmus moderne Technik einsetzen, um bestimmte Zustände beim Hörer zu erzeugen (Miehling, 2006, S. 426). Frequenzen unterhalb der Hörgrenze (< 30 Hz; siehe Abschnitt 5.1.2), schütteln das Eingeweide. Der Beat, gepaart mit starken Basstönen und bei sehr hoher Lautstärke greift in den Leib so stark ein, dass sogar ein sexueller Orgasmus möglich ist. Durch das ausgelöste Absinken des Insulinspiegels fallen moralische Schranken ab. Ebenso können Ultraschallwellen (> 20 kHz; siehe Abschnitt 5.1.2) in die Musik gemixt werden. Diese führen zu Reaktionen, die mit der Wirkung einer Morphium-Spritze vergleichbar sind. Es erfolgt ein Zustand eines Wohlbefindens und Verlust der Leibeskontrolle (Zimmermann, 1988, S. 674f, zit. nach Miehling, 2006, S. 426).

Die emotional-motivationale Wirkung von Musik, die gleichermaßen stimuliert und strukturiert, unterstützt das Erlernen von Kommunikation und Sprache und erleichtert sogar das Wiedererlangen von Sprache in der Rehabilitation. Allein beim Hören von Musik bewirkt die Verarbeitung dieser Reize eine allgemeine Belebung und spezifische motorische Aktivierung des Kehlkopfes, was das Singen und Sprechen unterstützt. Ein auditorisches Perzeptions-Aktions-System, das an der Produktion von Vokalisation beteiligt ist, wird beim Hören von angenehmer Musik für das Erkennen und Erlernen von

Handlungen aktiv, und das auch bei reiner Instrumentalmusik (Koelsch et al., 2005; Koelsch & Schröger, 2008).

Musik findet gezielten Einsatz bei Lernprozessen in der Suggestionspädagogik, die in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts von dem bulgarischen Arzt und Pädagogen Lozanov entwickelt wurde. Lozanov verwendete Hypnose und Suggestionen als Heilmethode und beschäftigte sich mit Hypermnese (ungewöhnliche Gedächtnissteigerung). Er untersuchte die Lern- und Merkfähigkeit von Fakiren, Yogis und Rechenkünstlern und stellte durch seine Messungen fest, dass diese während ihrer Höchstleistungen körperlich und mental völlig entspannt sind. Daraus folgerte er, dass verlangsamte Körperabläufe und ebenso verlangsamte Lernstoffdarbietung zu einer beträchtlichen Steigerung der Lern- und Gedächtnisleistung führen (Dostal, 2011, S. 97). Aus der Suggestopädie Lozanovs wurde u.a. an der Universität Leipzig eine adaptive Form entwickelt. Die zunächst für den Fremdsprachenunterricht konzipierte Methode wird inzwischen auch in anderen Fächern angewandt. Darin spielen Suggestionen eine wesentliche Rolle. Der Umgang mit Musik erfolgt vorwiegend rezeptiv in Verbindung mit anderen Lerntätigkeiten oder reproduktiv in Form von Singen. Die Musik wird als ein Mittel der Suggestion verwendet, das die unbewusste Informationsübertragung bzw. das unbewusste Lernen evoziert. Das Ziel ist es, mit Musik den Lernenden zu harmonisieren und in einen Zustand der entspannten Aufmerksamkeit zu versetzen. Ferner soll sie den Lernenden von Ängsten und Lernblockaden befreien, damit dieser den Lernstoff ungehindert und teilweise unbewusst aufnehmen kann (Quast, 2005). Die Suggestopädie arbeitet mit zwei verschiedenen Bewusstseinszuständen, mit dem Beta-Zustand und dem Alpha-Zustand. Beim Beta-Zustand befinden sich die Gehirnwellen zwischen 14-30 Hz. Es sind die dominanten Wellen, wenn Informationen aufgenommen und verarbeitet werden. Im suggestopädischen Unterricht wird der Beta-Zustand genutzt, um neue Inhalte zu vermitteln. Im Alpha-Zustand befinden sich die Gehirnwellen zwischen 8-13 Hz. Der Alpha-Zustand ist der Zustand von Entspannung bis leichtem Schlaf, der auch beim autogenen Training erreicht wird. Er wird in der Suggestopädie genutzt, um Inhalte zu wiederholen und zu festigen (Dostal, 2011, S. 105f). Der Einsatz von Musik ist ein fester Bestandteil der Suggestionspädagogik. Die folgenden drei musikalischen Übungen sind wesentlich für die Suggestopädie:

- **Fantasiereisen:** Während im Hintergrund trophotrope Musik (Entspannungsmusik) gespielt wird, hören die Teilnehmer einen Text, der Imaginationen sinnlicher Art (visuell, auditiv, kinästhetisch etc.) auslösen soll.
- **Lernkonzerte:** Im Lernkonzert wird der Lernstoff unter Musikbegleitung vorgetragen. Dabei wird das s.g. Level-Prinzip verwendet. Musik mit unterschiedlichen Charakteristika kommt dabei stufenweise zum Einsatz.
- **Rhythmisches und rhythmisiertes Lernen:** Der Rhythmus spielt als ein suggestives, strukturierendes und zeiteinteilendes Mittel eine tragende Rolle in dem Lernkonzept

der Suggestopädie. Der ganze Unterrichtsverlauf wird rhythmisiert: Einerseits hat die Unterrichtsabfolge einen immer wiederkehrenden rituellen Charakter mit einer Einleitungsphase, Vermittlungsphase, Aktivierungsphase und dem Transfer. Andererseits wechseln sich Aktivierungs- und Entspannungsphasen ab. Darüber hinaus werden die Lerninhalte in Form von Reimen und mit Klatschen eingeübt. Dazu kommt rhythmisches Sprechen des Lernstoffs im Takt von Musik, das auch durch rhythmische Bewegung oder Tanz begleitet werden kann (Quast, 2005, S. 90 ff).

Für das erste Lernkonzert wird Musik der Wiener Klassik und der vorromantischen Periode wie Mozart, Haydn und Beethoven eingesetzt. Sie löst Aufmerksamkeit aus, stimuliert und ruft Wohlbehagen und Entspannung hervor. Für das zweite Lernkonzert, bei dem es um Wiederholung und Festigung des Lernstoffs geht, wird stark strukturierte Barockmusik von Bach, Vivaldi, Corelli etc. eingesetzt (Dostal, 2011, S. 109). Zur Entspannung kann auch eigene Lieblingsmusik der Teilnehmer verwendet werden (Quast, 2005). In einem Pilotprojekt „Lerntyporientierte Suggestopädie“ für Lehrkräfte, im Rahmen der Qualitätsverbesserung des Schulunterrichts in Österreich, konnte Dostal erste positive Tendenzen registrieren (Dostal, 2011).

6.2 Wirkung musikalischer Trainings auf sprachliche Fähigkeiten

Das Wahrnehmen von Musik und aktives Musizieren sind höchst komplexe Aufgaben, an denen mehrere kognitive Prozesse, wie Wahrnehmen, Lernen, Gedächtnis, Planen und Ausführen von Handlungen, beteiligt sind. In zahlreichen Studien konnte inzwischen nachgewiesen werden, dass sich musikalisches Training auch positiv auf die Sprachverarbeitung auswirkt.

Die förderliche Wirkung vom musikalischen Training auf die Sprachverarbeitung erklärt sich nach der OPERA-Hypothese von Patel wie folgt: Die neuronalen Netzwerke der Sprachverarbeitung profitieren vom Musizieren, wenn fünf Voraussetzungen erfüllt sind: Überschneidung (*overlap*), Präzision (*precision*), Emotion (*emotion*), Wiederholung (*repetition*) und Aufmerksamkeit (*attention*). Liegen diese Bedingungen gleichzeitig vor, führt es aufgrund von Neuroplastizität in den adaptiven neuronalen Netzwerken, die für die auditive Verarbeitung zuständig sind, zu Veränderungen, die eine weitaus höhere Präzision in der Funktion aufweisen, als es für eine normale sprachliche Kommunikation notwendig ist (Patel, 2012). Im Folgenden wird eine Auswahl von Studien über die Wirkung von Musik auf sprachliche Fähigkeiten vorgestellt.

6.2.1 Wirkung auf Lautdiskrimination

In einer Testreihe von Trainor, Shahin und Roberts (2003) wurde die Wirkung musikalischer Erfahrung auf die Repräsentation von Tönen im auditiven Cortex untersucht. Die folgenden Reaktionen wurden verglichen: akustisch evozierte Potentiale (ERP) als Reaktionen auf reine Töne, Geigen- und Klavierklänge bei erwachsenen Musikern im Vergleich zu Nicht-Musikern, sowie bei 4- bis 5-jährigen Kindern mit oder ohne intensive musikalische Vorerfahrung. Darüber hinaus wurde mithilfe von akustisch evozierten Potentialen untersucht, in welchem Maße bei erwachsenen Nicht-Musikern die Fähigkeit trainierbar ist, Tonhöhen zu unterscheiden. Es stellte sich heraus, dass P2-Reaktionen (eine mit EEG gemessene elektrisch positive Reaktion auf auditive Reize) sowohl bei Erwachsenen wie auch Kindern, die musikalisch geschult waren, stärker waren als bei Nicht-Musikern. Darüber hinaus konnte beobachtet werden, dass durch auditives Training diese Reaktion bei erwachsenen Nicht-Musikern verstärkt wird.

Die Ergebnisse zeigen, dass P2-Reaktionen in besonderer Weise neuroplastisch sind und dass die Wirkung musikalischer Schulung früh im Entwicklungsverlauf beobachtet werden kann. Sie deuten auch darauf hin, dass – obwohl die Wirkung musikalischer Schulung auf die kortikale Repräsentation größer sein wird, je früher die Schulung in der Kindheit beginnt – auch das Gehirn Erwachsener sensibel für Veränderungen ist. Die Autoren kommen zu der Schlussfolgerung, dass die Wirkung musikalischer Schulung auf den auditiven Cortex u. a. beim Leselernprozess hilfreich sein könnte, bei dem es darum geht, unterschiedliche Phoneme miteinander zu verknüpfen (Trainor et al., 2003).

Bereits bei Kindern im Vorschulalter scheint aktives Musizieren mit einem Instrument die phonologische Bewusstheit günstig zu beeinflussen. Grombko (2005) konnte in einer Untersuchung nachweisen, dass die Kinder der Experimentalgruppe (n = 43) nach 4 Monaten Musikunterricht den Kontrollgruppenkindern (n = 60) überlegen sind, was die Phonemsegmentierung (phonemic segmentation) in Wörtern betrifft (Gromko, 2005).

6.2.2 Wirkung auf Prosodie

In zwei Untersuchungen wurden die Fähigkeiten musikalisch geschulter und ungeschulter erwachsener Personen überprüft, gesprochene Äußerungen in ihren tonalen Verläufen (Tonfolgen, die die gleichen Tonhöhen und zeitlichen Formen wie die gesprochenen Äußerungen haben) zu vergleichen. In der ersten Untersuchung wurden 22 Erwachsenen mit etwa 15 Jahren Musikerfahrung und 16 musikalischen Laien kurze semantisch neutrale Sätze auf Englisch (Muttersprache) in einer fröhlichen Ausdrucksweise dargeboten. Anschließend wurden ihnen kurze Melodien vorgespielt, die in ihrer

Tonhöhe und Dauer der Prosodie und Silbenlänge der vorgesprochenen Texte entsprachen, sowie andere Melodien, die davon abwichen.

In einer zweiten Untersuchung wurden 12 Erwachsenen mit etwa 16 Jahren Musikerfahrung und 8 musikalischen Laien in gleicher Weise Sätze in Spanisch dargeboten (Fremdsprache), denen Melodien folgten, die der Prosodie und Silbenlänge der vorgesprochenen Texte entsprachen, sowie Melodien, die anders klangen. Die Probanden hatten die Aufgabe, die anders klingenden Melodien zu erkennen, die der sprachlichen Prosodie nicht entsprachen. In beiden Untersuchungen waren die musikalisch geschulten Teilnehmer besser darin als die musikalisch ungeschulten Probanden, den prosodischen Inhalt einer gesprochenen Sprache zu erfassen. Diese Fähigkeit galt auch für eine Fremdsprache (Thompson, Schellenberg & Husain, 2003).

Aktive Musiker scheinen die prosodischen Merkmale und auch den emotionalen Gehalt einer Äußerung einer Sprache besser zu erkennen als Nichtmusiker (Nilssone & Sundberg, 1985, zit. nach Thompson et al., 2003). Das Team um Thompson bezieht sich auf eine weitere Studie, nach der Kinder und Erwachsene mit musikalischem Training besser in der Lage sind, die emotionale Bedeutung prosodischer Informationen zu interpretieren (Thompson, Schellenberg & Husain, 2004 in press, zit. nach Thompson et al., 2003). Thompson et al. gehen aufgrund der Untersuchungsergebnisse davon aus, dass die prosodischen Merkmale einer Sprache und Musik in denselben neuronalen Netzwerken verarbeitet werden.

6.2.3 Wirkung auf die zeitliche Verarbeitung

6.2.3.1 Schnelle zeitliche Verarbeitung

Eine Studie von Gaab, Tallal, Kim, Lakshminarayanan, Archie, Glover et al. (2005) über die neuronalen Korrelate bei der Verarbeitung sich schnell wechselnder Lautbilder bei Musikern und Nicht-Musikern gibt Hinweise dafür, dass musikalisches Training die funktionelle Anatomie verändert, die an dieser schnellen Verarbeitung beteiligt ist, was zu einem verbesserten Sprachverhalten sowie zur Etablierung eines effektiveren Netzwerkes führt, welches in erster Linie die sprachverarbeitenden Hirnareale umfasst. Das Forscherteam geht davon aus, dass musikalisches Training nicht nur die nonverbale schnelle Verarbeitung verbessert, sondern auch das dafür zuständige neuronale Netzwerk verändert, und zwar dahingehend, dass das Netzwerk die primären Rindenareale mit einbezieht, die herkömmlicherweise mit der Verarbeitung von Sprache in Verbindung gebracht werden (z.B. das Broca Areal; vgl. 2.3.3). Ergebnisse früherer Untersuchungen haben gezeigt, dass Kinder die mit der Verarbeitung schneller sprachlicher Signale Probleme haben, vom Hörtraining profitieren, das sich auf die Verbes-

serung der Fähigkeit schneller auditiver Verarbeitung richtet (Gaab, Tallal, Kim, Lakshminarayanan, Archie & Glover et al., 2005).

6.2.3.2 Timing

Aus der Annahme heraus, dass Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung ein allgemeines Defizit mit der zeitlichen Verarbeitung akustischer Reize haben, ist Overy (2003) in einem Forschungsprojekt der Hypothese nachgegangen, dass musikalischer Gruppenunterricht aus Gesang und rhythmischen Spielen eine wertvolle multisensorische Unterstützung für diese Kinder sein kann, um die Entwicklung wichtiger auditiver und motorischer Timing-Fähigkeiten voranzutreiben.

Für die dreiteilige Studie wurde zunächst ein Test für Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung entwickelt um ihre musikalischen Fähigkeiten zu testen. Dieser legt einen besonderen Fokus auf Timing und zwar nicht nur mit Bezug auf die auditive Verarbeitung von Musik, sondern auch hinsichtlich der motorischen Fähigkeiten. Am ersten Teil der Studie nahm eine Klasse mit 28 Schülern mit einem Durchschnittsalter von 6; 7 Jahren teil. Die Kinder wurden Anfang des Schuljahres anhand von Testergebnissen aus dem „Dyslexia Screening Test“ (DST) in drei Gruppen eingeteilt: großes Risiko (n = 6), geringes Risiko (n = 6) und kein Risiko (n = 16) eine Lese-Rechtschreibstörung zu entwickeln. Die Daten der Risikokinder wurden miteinander verglichen. Die Leistungen der Kinder mit hohem Risiko in den Timing-Aufgaben waren signifikant schlechter als die der Kinder mit einem geringen Risiko, allerdings nicht hinsichtlich der Aufgaben zur Tonhöhenenerkennung. Am offensichtlichsten waren die Defizite in den rhythmisch-motorischen Aufgaben. Weitere Prätests waren der Lese- und Buchstabiertest auf Wortebene mit dem „WORD“ sowie der neu entwickelte Musiktest. Eine Klassenlehrerin wurde angeleitet, ihrer Klasse 60 min in der Woche Gesangsunterricht zu erteilen und zwar drei Mal in der Woche je 20 min. Am Ende des Schuljahres wurden die Kinder mit dem WORD und einer phonematischen Segmentierungsaufgabe aus dem DST erneut getestet. Es gab keine Verbesserung in der Leseleistung, aber beide Risikogruppen zeigten signifikante Fortschritte im Buchstabieren und alle drei Gruppen hatten sich in der phonematischen Segmentierung signifikant gebessert (Overy, 2003).

In einer weiteren Studie wurde die Wirkung eines speziell entwickelten Musikunterrichts für Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung getestet. Neun Jungen aus zwei verschiedenen Schulen mit einem Durchschnittsalter von 8; 8 Jahren wurden darin einbezogen. In ihren Schulen wurde ein intensiver Förderunterricht sowie anspruchsvoller Musikunterricht erteilt. Die Entwicklung der Kinder wurde zunächst nach einer Prä-Testung 15 Wochen beobachtet. Danach erfolgten 15 Wochen jeweils 60 min musikalische Intervention (3 Mal á 20 min). Die Verlaufsbeobachtung erfolgte mit dem WORD, ausgewählten Aufgaben aus dem „Phonological Abilities Test“ (PAT) und „Dyslexia Early Screening Test“ (DEST), sowie Aufgaben aus dem Test, der für die erste Studie entwickelt worden war, um die

musikalischen Fähigkeiten der Kinder zu testen (s.o.). Wieder zeigte sich, dass die Leseleistung sich nicht gebessert hatte. Dagegen hatte die musikalische Intervention einen signifikant positiven Effekt auf vier Teilbereiche: Rhythmus, schnelle auditive Verarbeitung, phonologische Fähigkeiten und Buchstabieren (ebd.).

Im dritten Teil der Studie wurden die Probleme der Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung in Bezug auf musikalisches Timing genauer untersucht. 15 Jungen im durchschnittlichen Alter von 9; 0 Jahren mit Lese-Rechtschreibstörung wurden mit 11 unauffälligen Kindern (Durchschnittsalter 8; 9 Jahre) unter mehreren musikalischen Aspekten verglichen: Rhythmus, Metrik, schnelle auditive Verarbeitung und Tonhöhenunterscheidungsfähigkeit. Musikalische Erfahrungen wurden in einem Interview erfasst. Die Kinder wurden mit dem WORD getestet. Die Gruppe der Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung erzielte schlechtere Ergebnisse in den Timing-Aufgaben, schnitt jedoch in den Aufgaben zur Tonhöhenunterscheidung überraschenderweise besser ab als die Kinder der unauffälligen Kontrollgruppe. Dieses erklärt sich möglicherweise dadurch, dass die Kinder mit einer Lese-Rechtschreibstörung in dieser Gruppe über mehr musikalische Erfahrung verfügten als die Kontrollkinder. Die Leistungen der Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung waren signifikant schlechter in der schnellen auditiven Verarbeitung als die der Kinder der unauffälligen Kontrollgruppe. Innerhalb der Gruppe der Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung waren Unterschiede zu beobachten. Das schlechte Abschneiden der ganzen Gruppe in der auditiven Verarbeitung war nur fünf Kindern geschuldet, was darauf hindeutet, dass es innerhalb der Population von Personen mit Lese-Rechtschreibstörung Subgruppen gibt. Die Tempo-Aufgabe konnte nicht ausgewertet werden. Eine Korrelation wurde zwischen der Aufgabe „Klatschen eines Liedtakts“ und der Buchstabieraufgabe im WORD entdeckt, was möglicherweise mit der Fähigkeit, Silben zu segmentieren, zusammenhängt. In diesen beiden Aufgaben schnitten die Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung auffallend schlecht ab. Aus dieser Erkenntnis heraus lässt sich schließen, dass das Klatschen eines Liedtakts das Silbensegmentieren unterstützt, was wiederum das Buchstabieren erleichtert. Die Studien zeigen, dass Musikunterricht als wertvolle multisensorische Förderung das Potenzial besitzt, den Schriftspracherwerbsprozess von Kindern mit Lese-Rechtschreibstörung zu unterstützen (Overy, 2003).

6.2.4 Wirkung auf musikalische und sprachliche Syntax

6.2.4.1 Verarbeitung von musikalischer und sprachlicher Syntax bei Erwachsenen

In einer Studie von Koelsch und Friederici (2003) wurden Reaktionen im Gehirn auf eine authentische Kadenz mit Reaktionen verglichen, die von unregelmäßigen Auflösungen in der musikalischen Syntax ausgelöst wurden. In tonaler Dur-Moll-Musik werden Akkorde nach gewissen Gesetzmäßigkeiten

arrangiert. Die Sequenz Dominante–Tonika (der Akkord auf den Grundton), bekannt als authentische Kadenz, wird oft eingesetzt, um den Schluss eines harmonischen Verlaufs zu markieren und von verschiedenen Musiktheoretikern und Musikpsychologen als eine Art grundlegende syntaktische Struktur in tonaler Dur-Moll-Musik angesehen.

Beim Messen elektrischer Hirnströme, *evozierter Reaktionspotentiale* (ERP), die mit der EEG (*Elektroenzephalographie*) aufgezeichnet wurden, lösen Verstöße im Gebrauch syntaktischer Regeln eine ERAN (*early right anterior negativity*) im Frontalhirn aus, die ihr Maximum ca. 200 ms nach der Präsentation des disharmonischen Akkords erreicht.

Diese Reaktion (ERAN) ist mit Reaktionen vergleichbar, die nach syntaktischer Inkongruenz bei der Wahrnehmung von Sprache ausgelöst werden. Die Daten der Magnetenzephalographie (MEG) deuten an, dass ERAN im IFC (*inferiorer frontaler Cortex*) entstehen, ein Bereich des Gehirns, der entscheidend an der Verarbeitung sprachlicher Syntax beteiligt ist. ERAN kann auch bei Kindern oder bei musikalisch nicht ausgebildeten Personen ausgelöst werden. Dies ist ein Hinweis dafür, dass der Aufbau von Wissen über grundlegende musikalische Gesetzmäßigkeiten teilweise implizit erfolgt. Es handelt sich anscheinend um eine generelle Fähigkeit des menschlichen Gehirns, musikalische Informationen in Übereinstimmung mit diesem Wissen zu verarbeiten (Koelsch & Friederici, 2003).

Erwachsene mit formaler musikalischer Ausbildung reagieren schneller auf nicht kongruente Töne bzw. prosodisch nicht kongruente Sätze als musikalischen Laien. Dies zeigt, dass eine hoch ausgeprägte Repräsentation musikalischer Gesetzmäßigkeiten zu stärker ausgeprägten Erwartungen in Bezug auf musikalische und sprachliche Syntax führt. Schön, Magne und Besson (2004) verglichen die Reaktionszeiten von erwachsenen Musikern und Nicht-Musikern. Sie haben gemessen, dass die Reaktionszeit (gemessen mit ERP, *event-related brainpotentials*) bei Musikern mit 15 Jahren Musikerfahrung nicht nur bei musikalischen, sondern auch bei den sprachlichen Aufgaben signifikant kürzer war als bei Nicht-Musikern (Schön, Magne & Besson, 2004).

6.2.4.2 Verarbeitung von musikalischer und sprachlicher Syntax bei Kindern

Nach der Untersuchung mit Erwachsenen führten Magne, Schön und Besson eine weitere Studie mit 8- bis 10-jährigen Kindern durch, die erst 3 bis 4 Jahre aktiv musiziert haben. Die Reifung des auditiven Cortexes ist in diesem Alter noch nicht abgeschlossen. Die nach mehreren Kriterien parallelisierte Kontrollgruppe bestand aus zehn gleichaltrigen Kindern ohne musikalische Erfahrung. Die Kinder der Kontrollgruppe gingen jedoch anderen regelmäßigen Freizeitaktivitäten nach. Die musizierenden Kinder zeigten schnellere Reaktionen, sowohl in den Testaufgaben mit den nicht kongruenten Tönen, als auch mit den kongruenten Sätzen (Magne, Schön & Besson, 2006).

Jentschke und Koelsch (2009, 2011) haben Untersuchungen zur musikalischen und sprachlichen Syntaxverarbeitung bei Kindern durchgeführt, um herauszufinden welchen Einfluss musikalisches Training auf die Sprachverarbeitung hat, da in früheren Untersuchungen festgestellt wurde, dass für Sprache und Musik gleiche Verarbeitungsareale aktiviert werden, und es daher plausibel erscheint, Transferwirkungen zwischen Musik und Sprache zu erwarten.

Die Teilnehmer der ersten Studie (2009) waren 10- bis 11-jährige sprachunauffällige Kinder mit musikalischer Erfahrung und Kinder ohne musikalisches Training. Die Musik-Gruppe umfasste 21 Teilnehmer mit einem Durchschnittsalter von 10; 8 Jahren. Ihre musikalische Erfahrung variierte von 2; 9 bis zu 6; 7 Jahren. Einige von ihnen waren Mitglieder des Leipziger Thomanerchores. Die parallelisierte Kontrollgruppe bestand aus 20 Kindern mit einem Durchschnittsalter von 11; 1 Jahren. Es wurde die musikalische und sprachliche Syntaxverarbeitung der Teilnehmer verglichen. Die gleiche Studie wurde von Jentschke und Koelsch mit jüngeren Kindern fortgesetzt (2011). Dabei wurde die musikalische und sprachliche Syntaxverarbeitung bei 4 bis 5 Jahre alten Kindern mit einer typischen Sprachentwicklung und mit einer Sprachentwicklungsstörung beobachtet. Die Messungen der elektrischen Aktivität der Nervenzellen des Gehirns wurden in dieser Untersuchung ebenfalls mit der EEG durchgeführt. Den Kindern wurden in einem Experiment Akkordsequenzen entweder mit einem regulären oder einem irregulären Ende dargeboten und die ERAN (*early right anterior negativity*) beobachtet. Damit sind kleine kurzzeitige Spannungsabfälle gemeint, die über Elektroden, die rechts und links am Schädel angebracht werden, gemessen werden. ERAN wird von einem Verstoß gegen Erwartungen musikalischer Gesetzmäßigkeiten erzeugt, während ELAN (*early left anterior negativity*) im Zusammenhang mit einer irregulären sprachlichen Syntax steht. Musik wird rechtshemisphärisch verarbeitet während Sprache linkshemisphärisch verarbeitet wird (siehe Abschnitt 5.2.1). Den Kindern wurden in einem Zeitraum von ca. 15 bis 20 Minuten 192 musikalische Akkordsätze mit jeweils acht Wiederholungen in jeder Tonart vorgespielt. In einem zweiten Experiment wurden den Kindern innerhalb von 20 Minuten 240 verschiedene Sätze vorgespielt (jeweils 96 korrekte, 96 inkorrekte und 48 Filler-Sätze). Tabelle 4 zeigt einige Beispielsätze aus der Studie von Jentschke und Koelsch (2011):

Tabelle 4

Beispielsätze mit regulärer und irregulärer Syntax und Filler-Sätze aus der Studie von Jentschke und Koelsch (2011).

	Nominalphrase	Hilfsverb	Pröp.+Subst.	Partizip
Regulärer Satz	Die Tante	wurde		geärgert.
Irregulärer Satz	Die Tante	wurde	im	geärgert.
Filler Satz	Der Onkel	wurde	im Bett	geärgert.

Anmerkung. Die Beispiele der Studie können unter www.stefan-koelsch.de/kinderstudie angehört werden.

Musikalisch geschulte Kinder zeigten eine stärkere und schnellere Reaktion, sowohl auf eine musikalische Akkordverletzung, als auch auf eine sprachliche Syntaxverletzung als gleichaltrige Kinder der Kontrollgruppe. Die Ergebnisse sind auf ähnliche neuronale Ressourcen zurückzuführen, die der Verarbeitung von musikalischer und sprachlicher Syntax zugrundeliegen und deuten darauf hin, dass musikalisches Training neben der Veränderung der Verarbeitungsprozesse bei der Musikwahrnehmung auch Prozesse der sprachlichen Syntaxverarbeitung fördert (Jentschke & Koelsch, 2011).

Ferner wurde festgestellt, dass ERAN bei 5-jährigen Kindern mit unauffälliger Sprachentwicklung beobachtet werden kann. Sie fehlt jedoch bei Kindern gleichen Alters mit verzögerter Sprachentwicklung. Die neuronale Antwort der 5 Jahre alten Kinder entspricht im Wesentlichen der von Erwachsenen. Das Ausbleiben von ERAN bei sprachauffälligen Kindern deutet darauf hin, dass sie Schwierigkeiten haben, auch musikalische Syntax zu verarbeiten. Prosodische Hinweisreize haben musikalischen Charakter. Sie markieren strukturelle Grenzen innerhalb einer Information, wie z.B. eine Pause vor einem Nebensatz (siehe 5.1.3). Defizite in der Grammatik sind typisch für Kinder mit einer umschriebenen Sprachentwicklungsstörung (Ullrich & von Suchodoletz, 2011).

Die Studie zeigt, dass musikalisch trainierte Kinder deutlich stärker und schneller auf syntaktische Regelverletzungen reagieren als nicht trainierte Kinder. Dies ist ein Hinweis dafür, dass erlernte musikalische Fertigkeiten zumindest teilweise auf andere kognitive Verarbeitungsprozesse übertragbar sind. Die Autoren postulieren, dass die Beziehung zwischen sprachlicher und musikalischer Syntax eine Perspektive für Musik in der Behandlung von sprachentwicklungsgestörten Kindern öffnet (Jentschke & Koelsch, 2009, 2011).

6.2.5 Wirkung auf verbales Gedächtnis

In einer Langzeitstudie von Roden, Kreutz und Bongard (2012) mit 73 Kindern im Grundschulalter aus insgesamt sieben Schulen wurde über einen Zeitraum von 18 Monaten die Wirksamkeit vom musikalischen Instrumentalunterricht auf die Entwicklung des verbalen und visuellen Gedächtnisses beobachtet. Das Durchschnittsalter lag zu Beginn der Studie bei 7; 7 Jahren. Die Kinder (n = 25) der Instrumentalgruppe erhielten einmal in der Woche je 45 Minuten zusätzlichen Musikunterricht in Kleingruppen in der Schule mit einem Instrument ihrer Wahl. Eine Gruppe bestand aus maximal fünf Kindern. Die Kinder sollten zuhause üben, was jedoch sehr unterschiedlich ausfiel. Der Instrumentalunterricht wurde von einem Fachlehrer durchgeführt. Die Kinder der ersten Kontrollgruppe (n = 25) erhielten zusätzlichen naturwissenschaftlichen Unterricht. Die zweite Kontrollgruppe (n = 23) hatte kein zusätzliches Training. Die Kontrollgruppenkinder hatten einmal in der Woche regulären Musikunterricht in der Schule. Zwölf der musizierenden Kinder hatten laut Auskunft der Eltern vor der Schule an musikalischer Früherziehung teilgenommen. Während der Maßnahme wurden drei Testungen in einer Einzelsituation im Klassenraum vorgenommen. Zu Beginn wurden neben einem Intelligenztest das verbale und visuelle Gedächtnis mit standardisierten Verfahren überprüft. Das verbale Gedächtnis wurde mit der deutschsprachigen Fassung (Helmstaedter et al., 2001, zit. nach Roden et al., 2012) des Rey's Auditory Verbal Learning Test (RVLMT) zu drei Messzeitpunkten überprüft. Bei dem Test mussten die Kinder eine Liste mit 15 Wörtern unmittelbar wiederholen. Diese sollten sie 25 Minuten später nach dem visuellen Test wieder reproduzieren. Anschließend sollten sie die 15 Wörter aus einer Liste von 30 dargebotenen Wörtern wiedererkennen. Das visuelle Gedächtnis wurde mit dem Corsi Block Test und Matrix Span Test (Hasselhorn et al., 2012) überprüft. Das verbale und visuelle Gedächtnis wurden in allen Gruppen mit denselben Testverfahren ein Jahr und ca. 18 Monate nach Beginn des Instrumentalunterrichts und gegen Ende der vierten Klasse wiederholt. Die Kinder der Musikgruppe hatten einen signifikant größeren Zuwachs der verbalen Gedächtnisleistungen gegenüber den Kontrollgruppen. Es zeigte sich eine kontinuierliche signifikante Verbesserung der Gedächtnisleistungen während des gesamten Beobachtungszeitraums, was bei den anderen Gruppen nicht der Fall war. Keiner der Untersuchungsteilnehmer hatte sich in Bezug auf visuelle Gedächtnisleistungen gebessert (Roden, Kreutz & Bongard, 2012).

6.2.6 Wirkung auf die phonologische Schleife und die zentrale Exekutive

Eine weitere Vergleichsstudie wurde mit derselben Instrumentalgruppe und der naturwissenschaftlich geförderten Gruppe durchgeführt. Es wurde zusätzlich die Entwicklung der phonologischen

Schleife und der zentralen Exekutive ebenfalls anhand von drei Messzeitpunkten beobachtet. Die Leistung der phonologischen Schleife wurde mit der Merkspanne für einsilbige Wörter und dem Nachsprechen von 24 drei- bis fünfsilbigen Kunstwörtern gemessen. Einige davon wurden verzerrt dargeboten. Die zentrale Exekutive wurde mit Aufgaben überprüft, die gleichzeitiges Erinnern und Verarbeiten erfordern. Dem Kind wurden Serien von Abbildungen mit Kreisen am Bildschirm dargeboten. Das Kind sollte sagen, wie viele Kreise es gesehen hat, die Anzahlen merken und im Anschluss an die Serie reproduzieren. Bei der zweiten Aufgabe wurden ihm Serien von Objekten gezeigt. Dabei sollte es mit „ja“ oder „nein“ die Frage beantworten, ob es essbar sei, und im Anschluss an die Serie die Objekte in der Reihenfolge der Darbietung reproduzieren. In einem weiteren Test wurden dem Kind Kreise in verschiedenen Farben in immer länger werdenden Reihen gezeigt. Es sollte anschließend die Farben in umgekehrter Reihenfolge des Erscheinens wiedergeben. Die Kinder der Musikgruppe hatten signifikante Zuwächse in den Aufgaben zur phonologischen Schleife, sowohl in der Zeit von der ersten (T_1) bis zur zweiten Testung (T_2) als auch von der zweiten bis zur dritten Testung (T_3). Dies betraf die Merkspanne für einsilbige Wörter sowie das Nachsprechen von Kunstwörtern. Die Kinder der Kontrollgruppe zeigten lediglich einen Zuwachs beim Nachsprechen von Kunstwörtern zwischen den ersten beiden Messungen. Die Kinder der Instrumentalgruppe hatten in sämtlichen Aufgaben zur Überprüfung der zentralen Exekutive kontinuierliche signifikante Steigerungen ihrer Leistung zwischen allen Messzeitpunkten. Die Kinder der Kontrollgruppe hatten lediglich eine Verbesserung vom ersten Testzeitpunkt (T_1) bis zum zweiten Testzeitpunkt (T_2) in allen Aufgaben (Roden, Grube, Bongard & Kreutz, 2013).

6.2.7 Wirkung von informellen musikalischen Aktivitäten auf die auditive Diskrimination und Aufmerksamkeit

Welche Bedeutung haben informelle musikalische Aktivitäten im häuslichen Umfeld für auditive Diskrimination und Aufmerksamkeit bei 2 bis 3 Jahre alten Kindern? Dieser Frage sind Putkinen, Tervaniemi und Huotilainen (2013) nachgegangen. Damit ist die musikalische Sozialisation im Elternhaus gemeint, wie Hören von Musik aus Medien, Tanzen und Klatschen nach Musik und insbesondere das Singen der Eltern, das die Kinder als „Live Musik“ erleben. Die auditive Aufmerksamkeit und Diskrimination wurden mit der *Mismatch Negativity* (MMN) der *late discriminative negativity* (LDN) und *reorienting negativity* (RON) der *event-related potentials* (ERPs) gemessen. Eine P3a-Reaktion weist auf eine Aufmerksamkeitsverschiebung Richtung plötzliche auditive Ereignisse hin (Escera et al., 1998, zit. nach Putkinen et al., 2013). Bei Kindern folgt nach einer MMN und einer P3a-Reaktion oft eine LDN, die auf die Existenz einer unreifen Verarbeitung von neuen auditiven Reizen hindeutet. Eine RON-Reaktion deutet auf die Neuorientierung der Aufmerksamkeit nach einer auditiven Zer-

streuung hin (Schröger & Wolff, 1998, zit. nach Putkinen et al., 2013). Die Daten von 25 Kindern, davon 13 weiblich, mit einem Durchschnittsalter von 2; 8 Jahren wurden ausgewertet. Es handelte sich um eine homogene Gruppe von Kindern, die nach zahlreichen relevanten Kriterien ausgewählt worden war. Sie waren termingerecht spontan geboren, zeigten anhand der erhobenen Daten aus den Vorsorgeuntersuchungen keinerlei Entwicklungsauffälligkeiten oder litten nicht an einer chronischen Krankheit und die Familiensituation und der sozio-ökonomische Status der Eltern waren vergleichbar. Alle besuchten regelmäßig dieselbe Kindertagesstätte, in der sie an musikalischer Früherziehung ca. 30 Mal teilgenommen hatten, was in Finnland der Normalität entspricht. Daher handelt es sich um eine repräsentative Gruppe finnischer Kinder (Putkinen et al., 2013). Die musikalische Früherziehung bestand aus gemeinsamem Singen, Reimen und Bewegen nach Musik. Die Eltern haben unabhängig voneinander einen Fragebogen mit einer 5 Punkte-Skala zur Häufigkeit des häuslichen Musikangebots und des musikalischen Verhaltens ihres Kindes ausgefüllt. Die Fragen waren: 1) Wie oft singen die Eltern ihrem Kind etwas vor? 2) Wie oft singen sie bekannte Kinderlieder? 3) Wie oft singen sie selbst ausgedachte Lieder? Bezüglich des musikalischen Verhaltens der Kinder wurde gefragt a) Wie oft die Kinder selbst bekannte Lieder singen, b) Wie oft sie selbst erdachte Lieder singen, c) Wie oft sie Rhythmen trommeln und d) Wie oft sie nach Musik tanzen. Die Daten wurden in einer Formel zusammengefasst. Da fast alle Mütter angaben, ihrem Kind täglich vorzusingen, wurden diese Daten herausgenommen. Daher wurde vom elterlichen Angebot nur das Singen des Vaters berücksichtigt. Ebenfalls blieb unberücksichtigt, wie viele Stunden am Tag die Kinder Musik aus Medien gehört haben (ebd.).

Während des 50 min dauernden Experiments unter Laborbedingungen haben die Kinder in Begleitung eines Elternteils ein selbst ausgesuchtes Buch oder eine DVD ohne Ton angeschaut. Die Stimuli wurden über Lautsprecher dargeboten. Sie bestanden aus 1875 Standardtönen mit 500 Hz und je 200 ms Dauer bei einer Lautstärke von 80 dB sowie aus 1590 in der Frequenz, Lautstärke, Dauer und Schallrichtung davon abweichenden Tönen. Diese Stimuli wurden in unterschiedlichen Abständen gemixt dargeboten. Darüber hinaus wurden 280 neue, sich wiederholende und variierende auditive Signale bei 80 dB und von einer Dauer von jeweils 200 ms hinzugefügt. Diese bestanden aus Maschinengeräuschen, Tierstimmen usw., die jeweils viermal vorkamen. Sie wurden mal von links und mal von rechts, mal von beiden Seiten dargeboten. Darüber hinaus wurde das finnische Wort „nenä“ (Nase) von einer neutralen Frauenstimme wiederholt gesprochen wurde. Das Wort „nenä“ kam 72 Mal vor, und es wurde immer aus beiden Lautsprechern dargeboten. Die Kinder waren an Messgeräte angeschlossen. Ihre Reaktionen auf die variierenden Signale wurden anhand von neuronalen Aktivitäten als MMM, LDN, RON bzw. P3a registriert (ebd.).

Die Ergebnisse zeigen Korrelationen zwischen dem Maß der informellen musikalischen Aktivitäten zuhause und der auditiven Aufmerksamkeit. Je mehr die Kinder mit Musik in Berührung kamen, umso

besser war ihre Diskriminationsfähigkeit in Bezug auf Abweichungen innerhalb der Standardtöne, sei es in Form von Pausen oder Dauer akustischer Signale. Darüber hinaus konnte festgehalten werden, dass je mehr die Eltern (hier Väter, s.o.) ihrem Kind vorsangen, umso weniger ablenkbar war das Kind in Bezug auf auditive Reize. Das Singen von Eltern fokussiert die Aufmerksamkeit junger Kinder in hohem Maße, und hält sie aufrecht (Therub, 2003, zit. nach Putkinen et al., 2013). Eine frühere Studie hatte bereits gezeigt, dass das Singen des Vaters die visuelle Aufmerksamkeit des Kindes mehr auf sich zieht, als wenn die Mutter singt (O’Neill et al., 2001, zit. nach Putkinen et al., 2013).

Die Ergebnisse stehen im Einklang mit den Forschungsergebnissen von Näätänen (2001) und Hannon & Trainor (2007), nach denen sich das auditive System den jeweils kulturell typischen Mustern der Sprache und Musik als Folge der auditiven Habituation in der täglichen klanglichen Umgebung anpasst, in der das Kind aufwächst (Siehe 5.1.4). Dadurch lernt das auditive System des Kindes die klanglichen Muster der Sprache und der Musik zu verinnerlichen und die Abweichungen in diesen Mustern zu differenzieren (Tervaniemi et al., 2006, 2009, zit. nach Putkinen et al., 2013). Es scheint daher wahrscheinlich, dass implizites musikalisches Lernen sich positiv auf die Entwicklung des auditiven Systems auch in Bezug auf die Sprachwahrnehmung auswirkt (Putkinen et al., 2013).

6.3 Zusammenfassung

Musik und Sprache gleichen sich in der Struktur wie auch in der neuronalen Verarbeitung. In Bezug auf die emotionale und sprachliche Entwicklung des Menschen wird Musik eine fundamentale Bedeutung zugesprochen. Koelsch und Schröger (2008) gehen sogar davon aus, dass Musik die Grundlage von Sprache ist. Musik spielt eine wichtige Rolle im kulturellen und sozialen Kontext. Sie weist nationale Charakteristika nicht nur in Volksliedern auf, die eine Einheit von Text und Melodie darstellen, denn sie wird von der jeweiligen klanglichen Umgebung der Muttersprache der Komponisten geprägt.

Die Sprachwahrnehmung des Säuglings beginnt lange vor dem Sprechbeginn mit der Wahrnehmung der Prosodie, der Musik in der Sprache. Die Prosodie einer Sprache wird von ihrer grammatischen Struktur determiniert. Noch lange vor dem Spracherwerb lernen Kinder mit einer unauffälligen Entwicklung, Sprachen aufgrund ihrer Prosodie voneinander zu unterscheiden. Musik und Sprache verfügen über syntaktische Regeln, nach denen Melodien und Sätze aufgebaut werden. Regelverletzungen in beiden Systemen werden von Menschen mit musikalischen Erfahrungen schnell erkannt. Kinder wiederum, denen die Fähigkeit fehlt aus den prosodischen Informationen einer Sprache die Wort- und Satzgrenzen wahrzunehmen, haben eine verzögerte Sprachentwicklung, die die Störung der Grammatik mit einschließt. Die melodische Kontur der Musik und die prosodische Kontur der

Sprache vermitteln Emotionen und affektive Eigenschaften. Musik kann beruhigen, anregen und strukturieren. Musikalisch trainierte Personen erkennen schneller als musikalische Laien den emotionalen Gehalt einer Äußerung auch in einer Fremdsprache, während Kinder mit Sprachentwicklungsstörungen auch damit Probleme haben können.

Das Verstehen von Musik und Sprache deuten auf Parallelen hin. So korreliert ein eingeschränktes Sprachverständnis mit dem Erkennen von invarianten Tönen und Rhythmen in bekannten Kinderliedern. Ebenso ist die Speicherkapazität für Tonfolgen bei Kindern mit einer Sprachentwicklungsstörung eingeschränkt, wie auch das phonologische Arbeitsgedächtnis.

Töne in der Musik kennzeichnen sich durch Tonhöhe und Dauer. Phoneme haben ihren eigenen Frequenzbereich und werden entweder lang oder kurz realisiert. Sie besitzen mehrere Formanten, was in der Musik den Obertönen entspricht. Für die Lautdiskrimination ist die schnelle Erfassung der richtigen Tonhöhe und der Dauer unabdingbar.

Mehrere Studien belegen eindeutig, dass aktives Musizieren die sprachlichen Fähigkeiten verbessert. Dieses scheint insbesondere damit zusammenzuhängen, dass die neuronale Verarbeitung von Musik und Sprache teils in denselben und teils in sich überlappenden Gehirnregionen stattfindet. Die prosodischen Informationen einer sprachlichen Äußerung werden ohnehin rechtshemisphärisch in denselben Regionen wie Musik verarbeitet. Die Vielfalt an synaptischen Verbindungen und Präzision, die für das Musizieren und für die schnelle Verarbeitung von Musik notwendig ist, steht für die sprachliche Verarbeitung im Überfluss zur Verfügung.

Auch weniger professionelles musikalisches Training scheint eine positive Wirkung auf sprachliche Fähigkeiten zu haben. Es gibt eindeutige Belege dafür, dass Musikunterricht an Schulen und auch schon im Vorschulalter positive Effekte auf die Sprachverarbeitung hat. Nicht nur aktives Musizieren, sondern der informelle Umgang mit Musik im Elternhaus insbesondere in Form von Singen als Live-Musik für kleine Kinder scheint sich günstig auf die auditive Aufmerksamkeit auszuwirken. Besonders wirksam dabei hat sich das Singen des Vaters erwiesen.

Die Einsatzmöglichkeiten von Musik sind aufgrund ihrer unzähligen Facetten sehr vielfältig. Sie kann rezeptiv und aktiv eingesetzt werden. Sie kann anregen und beruhigen und richtig eingesetzt in pädagogischen Settings auch Lernprozesse unterstützen. In der Suggestopädie werden Alpha- und Beta-Zustände, die mithilfe von Musik erreicht werden können, für Lernprozesse nutzbar gemacht.

7 Hörtrainingsverfahren mit Musik

Alle im Folgenden vorgestellten Hörtrainingsmethoden haben das Ziel, das zentrale Hören zu beeinflussen und dadurch die Hörverarbeitung und Sprachwahrnehmung zu verbessern. Neben Sprachstörungen und auditiven Wahrnehmungsstörungen werden die Methoden zur Behandlung von Hyperakusis, Konzentrationsstörungen, neurologischen Erkrankungen, Tinnitus und vielem mehr empfohlen. Rosenkötter (2003) hält ein Hörtraining für angezeigt, wenn bestimmte Störungen diagnostisch festgestellt worden sind, und alltagsrelevante Beeinträchtigungen vorliegen. Er führt folgende fünf Symptombereiche an:

- Auditive Wahrnehmungsstörungen: Lautdiskriminationsstörungen, Störung des dichotischen Hörens, Störung der Störschall-Nutzschallfilterung, sowie auditive Anteile einer Les-Rechtschreibstörung
- Sprachentwicklungsstörungen: Zur Unterstützung einer Artikulationstherapie, Sprachentwicklungsstörungen als Folge von frühkindlichen Hörstörungen, Sprachstörungen bei angeborenen und erworbenen Hörstörungen, Sprachanbahnung bei Sprachentwicklungsstörungen und Wortfindungsstörungen
- Hyperakusis: Familiäre auditive Hypersensibilität, Hyperakusis bei Autismus-Syndrom und bei William-Beuren-Syndrom, Hyperakusis nach erworbenen Hirnschädigungen, psychische und soziale Folgen der Hyperakusis
- Störung der auditiven Aufmerksamkeit
- Leichte Innenohrschwerhörigkeit. Dabei ist zu betonen, dass das Hörtraining keine Therapie der Schwerhörigkeit, sondern eine Therapie der Hörwahrnehmung ist (Rosenkötter, 2003, S. 192f).

Im Folgenden wird eine Auswahl von Hörtrainingsmethoden mit Musik kurz vorgestellt, die im deutschsprachigen Raum angeboten werden. Im Anhang befindet sich eine Liste weiterer Methoden der auditiven Stimulation.

7.1 Tomatis-Therapie

Die Tomatis-Therapie wurde von dem französischen HNO-Arzt, Alfred Tomatis, Ende der 40er, Anfang der 50er Jahre des letzten Jahrhunderts entwickelt. Sie findet in ambulanten Zentren in Form von mehreren intensiven Hörabschnitten statt, und ist bereits für sehr junge Kinder und Erwachsene jeden Alters geeignet. Das gleiche gilt für die Systemische Hörtherapie, die neben der Hörtherapie den Aspekt der systemischen Therapie mit einschließt. Sie wurde aus der Tomatis-Therapie entwickelt.

Nach einer eingehenden Anamnese wird durch Messung der Luft- und Knochenleitung ein Hörprofil erstellt und die allgemeine Lateralität sowie das dominante Ohr ermittelt. Anhand der erhobenen Daten wird ein individuelles Hörprogramm erstellt. Tomatis hebt das rechte Ohr als das dominante Ohr hervor. Er hat anhand seiner Erfahrungen mit Opernsängern die ideale Hörkurve erstellt. Im Idealfall soll eine harmonisch verlaufende Kurve die Form eines runden Hügels aufweisen, bei der die Frequenzen der Umweltgeräusche deutlich unterhalb der Frequenzen des Sprachfeldes liegen (Beckedorf & Müller 2009, 2010; siehe Abb. 7).

Der erste Hörabschnitt dauert 12- 15 Tage. Der Klient kann während des Hörens einer stillen Beschäftigung nachgehen. Nach einer Pause von 4 bis 6 Wochen kommt der Klient zum nächsten Hörabschnitt der 8 Tage dauert. Danach erfolgt eine Pause von 4 bis 8 Wochen. Der dritte und vierte Hörabschnitt dauern ebenfalls 8 Tage. Eine Auffrischung ist nach diesen Abschnitten bei Bedarf möglich. Vor jedem Hörabschnitt findet eine umfassende Befunderhebung statt. Der Klient hört täglich insgesamt 2 Stunden mit Kopfhörern und einem Knochenhörer technisch individuell für ihn veränderte Musik von Mozart (Erläuterungen weiter unten). Ferner kommen bei Kindern Kinderlieder zum Einsatz, während Erwachsene zusätzlich Gregorianische Gesänge hören. Jede 30 min kommt eine andere Musik oder später auch Sprache zum Einsatz. Der Knochenhörer, der i. d. R. am Kopf, manchmal z.B. auch am Lendenwirbelbereich angesetzt wird, überträgt die Vibration der Musik und stimuliert dadurch die Propriozeption. Das Knochensystem ist mit den Sehnen, Bändern und Muskeln Teil des propriozeptiven Systems. Die Knochenleitung überträgt Schallwellen zum Innenohr, um ca. 10-15 Mal schneller als die Luftleitung. Mithilfe der schnelleren Übertragung durch das Knochengewebe wird das Innenohr auf ein ankommendes Schallereignis vorbereitet (Beckedorf & Müller, 2009; Beckedorf & Müller, 2010, S. 223).

Die in der Tomatis-Therapie und Systemischen Hörtherapie verwendete Musik wird von einem Klangwandler, dem s.g. *elektronischen Ohr* technisch verändert. Ein zentrales Element der Therapie ist die s.g. *Klangwippe*. Die Musik wird entweder über Kanal 1 oder Kanal 2 geleitet. In beiden Kanälen befinden sich Filtersysteme. Im Kopfhörer wird beidseitig die veränderte Musik gehört. Kanal 1 betont Frequenzen unterhalb von 1000 Hz. Die Musik klingt dumpf. Kanal 2 betont Frequenzen oberhalb von 1000 Hz. Die Musik klingt hell. Am Drehpunkt bei 1000 Hz schwenkt die Musik von Kanal 1 auf Kanal 2 um und umgekehrt, wenn eine am Klangwandler vorher festgelegte und einprogrammierte Lautstärke überschritten bzw. unterschritten wird. Die individuell gewählte Lautstärke ergibt sich aus der Diagnostik. Die Lautstärke der einzelnen Musikstücke ergibt sich wiederum u.a. aus der Dynamik der gewählten Musikauswahl. Eine Symphonie ist in einigen Passagen lauter als z.B. ein Streich- oder Kammerkonzert. Der erste Hörabschnitt besteht aus "basaler Klangstimulation". Der Schwerpunkt liegt auf dem Tieftonbereich auf Kanal 1 was in der Regel einen Zustand der Entspannung hervorruft (ebd.; siehe Abschnitte 2.4. und 6.1).

Das Prinzip der Klangwippe, also der Wechsel von tiefen und hohen Frequenzen dient nach Ansicht von Tomatis der Straffung und Entspannung zweier Muskeln im Mittelohr, des Trommelfellspanners (*Muskulus tensor tympani*) und des Steigbügelmuskels (*Muskulus stapedius*) (Beckedorf & Müller, 2010, S. 41f).

Eine Spannung des Steigbügelmuskels verringert die Übertragung besonders der tiefen Töne und betont dadurch die Wahrnehmung der hohen Töne. Die Straffung des Trommelfellmuskels wirkt sich sensibilisierend in Bezug auf die Schallübertragung (Beckedorf & Müller, 2010, S.42).

Das Training dieser Muskeln durch die Klangwippe leistet nach dem Ansatz der Tomatis-Therapie und der Systemischen Hörtherapie einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Störschall-Nutzschallfilterung (Beckedorf & Müller, 2010, S.42; siehe Abschnitte 2.3.4; 2.5; 2.6; 4.2; 8.3.1).

In der zweiten Phase der Hörtherapie, in der Phase der „Anbahnung und Öffnung“ durchwandern die Klienten ein Frequenzspektrum von tiefen Tönen bis 8000 Hz. Die Musik schwenkt immer öfter auf Kanal 2 und verbleibt dort über längere Phasen, was die Aufmerksamkeit auf das Hauptsprachfeld richtet, das zwischen 1000 Hz und 5000 Hz (siehe Abschnitt 2.4 und Abb. 1) liegt. Die Tomatis-Therapie und die daraus entwickelte Systemische Hörtherapie beruhen auf dem Ansatz, die Entwicklung der auditiven Wahrnehmung bis zur fötalen Entwicklungsphase zurückzuverfolgen, in der das Individuum während einer unauffällig verlaufenden Schwangerschaft in einem Zustand der vollkommenen Geborgenheit gefühlt hat. In dieser Zeit hat der Fötus bei einer Geräuschkulisse im Tieftonbereich von ca. 65 dB der Mutterstimme über die Knochenleitung bei ca. 8000 Hz gelauscht (siehe Abschnitt 2.5). Die Musik wird graduell so „gefiltert“, dass nur noch die Frequenzen ab etwa 8000 Hz aufwärts wahrnehmbar sind. Danach kommt die speziell aufbereitete Mutterstimme zum Einsatz soweit sie verfügbar ist. Es wird eine Aufnahme angefertigt, wenn die Mutter aus einem Buch vorliest. Diese Aufnahme wird technisch verändert, indem die Frequenzen unterhalb von 8000 Hz „herausgefiltert“ werden. Das Hören dieser Aufnahme soll die Hörerfahrung im Mutterleib imitieren. Das Ziel dieser Phase der Hörtherapie ist die „akustische Geburt“. Nach der „akustischen Geburt“ wird im nächsten Hörabschnitt die Musik graduell wieder auf ein normales Niveau „zurückgefiltert“. Die veränderte auditive Verarbeitung und Wahrnehmung wird jetzt mit der Sprache integriert. Die Tomatis-Therapie und die Systemische Hörtherapie werden nicht nur bei Hörverarbeitungsstörungen, sondern auf der Basis der genannten theoretischen Vorstellungen auch bei der Behandlung von frühkindlichen Traumata und Bindungsstörungen eingesetzt (Beckedorf & Müller, 2010).

Warum in der Tomatis–Therapie, der Systemischen Hörtherapie (Beckedorf & Müller, 2010) und im Hörtraining nach dem AUDIVA-Verfahren vorwiegend die Streichmusik von Mozart, und zwar seine frühen Sinfonien sowie Streichkonzerte verwendet werden, geht auf Untersuchungen von Tomatis zurück. In seinem Buch „Pourquoi Mozart“ (Tomatis, 1991, zit. nach Beckedorf & Müller, 2010) stellt er die Gründe dar. Darüber hinaus gehören Stücke von Bach und Vivaldi zum Repertoire.

Die Musik von Mozart ist durch einen „inneren Rhythmus“ gekennzeichnet. Damit sind Verdichtungen gemeint, Momente einer Intensitätszunahme von Lautstärke und Frequenzspektrum, die sich alle 0,5 Sekunden wiederholen. Tomatis sieht einen Zusammenhang zwischen diesem Rhythmus und dem Pulsschlag eines sehr kleinen Kindes von 120 Schlägen pro Minute. Dieser Rhythmus eignet sich für die hochgefilterte Musik, die an die Hörerfahrungen im Mutterleib erinnern sollen, was ein wesentlicher Bestandteil der Tomatis-Therapie ist (Beckedorf & Müller, 2010, S.131). Die Autoren führen weitere Gründe Tomatis' an:

- Besonders die frühen Werke Mozarts haben eine sehr klare, einfache Struktur mit vielen Wiederholungen. Hörtherapie bedeutet Lernen auf vielen Ebenen. Klare Abläufe in vielen Wiederholungen sind dabei optimal (ebd.).
- Die Harmonielehre der Klassik-Epoche, zu der Mozarts Musik gehört, hilft Spannungen und Dissonanzen aufzulösen. Sie weckt Vertrauen und das Gefühl von Geborgenheit und es gibt immer ein gutes Ende. Der Ansatz der Tomatis-Therapie liegt am Aufbau von Bindung und Beziehung. Dabei spielen diese Faktoren eine besonders wichtige Rolle (ebd.).
- Trotz der Wiederholungen und einer gewissen Berechenbarkeit in der Musik Mozarts wird sie nicht eintönig, denn es gibt immer wieder überraschende Momente, die aufhorchen lassen (ebd.).
- Die Musik besitzt eine seltene Ausgewogenheit von Spannung und Entspannung, von Aufregung und Ruhe und umkreist somit die Mitte. Sie beruhigt und regt dennoch auch an (ebd.).
- Der innere Gehalt der Musik von Mozart hat etwas Freies, Ungetümes, Schwebendes und Fröhliches. Die verschiedenen Instrumente treten mal einzeln, mal im Wechselspiel und mal im Dialog auf, als Anzeichen einer glücklichen Begegnung und Beziehung. (Beckedorf & Müller, 2010, 131ff).

7.2 Hörtherapie nach Volf

Der dänische Physiker Christian A. Volf, der mit gehörlosen und hörbeeinträchtigten Menschen arbeitete, hat seine Methode in den USA etwa zeitgleich mit Tomatis entwickelt. Zunächst wird ein Audiogramm erstellt, um die Hörfähigkeit beider Ohren und ihr Verhältnis zueinander festzustellen. Darüber hinaus wird in diesem Verfahren mit drei Stimmgabeln und zwar mit 128 Hz, 256 Hz und 512 Hz gearbeitet, die an bestimmte Stellen am Körper angesetzt werden. Der Klient soll dann sagen, wo er die Schallwellen spürt. Volf konnte Zusammenhänge zwischen den Schallverläufen im Kopf und Körper und bestimmten Auffälligkeiten auch organischen Ursprungs herstellen. Er stellte reaktivierende Tonbänder her, die die Blockierungen auflösen sollen. Die Bänder enthalten reine Sinustöne aus dem

Frequenzspektrum des menschlichen Gehörs. Die Zusammensetzung der Tonfolgen, ihre Art und Reihenfolge sowie Intensität beruhen auf Erfahrungen von Volf mit seinen Klienten. Der Klient soll zuhause täglich fünf bis zehn Minuten mit Kopfhörern, am besten morgens im Bett, die für den jeweiligen Therapieabschnitt ausgesuchten Töne hören. Bei Bedarf unterstützen Sitzungen auf dem s.g. Resonator, einer Art Klangbox die Therapie. Vibration, die durch die Schallwellen der Musik hervorgerufen wird, stimuliert die Propriozeption. Sie soll die Herausbildung des Körperschemas unterstützen. Durch regelmäßige Kontrolluntersuchungen werden der benötigte Frequenzbereich für die weitere Therapie und die Notwendigkeit der Sitzungen auf dem Resonator ermittelt. Die Therapie gilt als abgeschlossen, wenn die Testung mit der Stimmgabel keine Blockaden mehr aufweist, und die Hörkurven sich normalisiert haben (Kleener, 1962; Broschüren).

7.3 Hörwahrnehmungstraining nach dem AUDIVA-Verfahren

Bei dem AUDIVA-Verfahren wird eine Musikauswahl von Mozart, Bach und Vivaldi eingesetzt, die der Tomatis-Therapie entnommen wurde. Die Musiktherapie kann zuhause oder in pädagogischen Einrichtungen als Gruppentraining durchgeführt werden, da das Hörprogramm i. d. R. keine Individualisierung vorsieht. Zwischen dem CD-Abspielgerät und den Kopfhörern ist ein Gerät geschaltet, das die hohen und mittleren Frequenzen abwechselnd für das rechte und das linke Ohr verdichtet. Dabei werden gleichzeitig die tiefen Frequenzen teilweise herausgeschnitten. Es gibt sechs Levels, die die Intensität der Stimulation darstellen. Die Intensität ist von den Abständen der Veränderungen abhängig. Level eins bedeutet relativ lange Abstände und sanfte Stimulation. Bei Level sechs sind die Abstände sehr kurz und die Anregung dementsprechend intensiv. Das Verfahren bewirkt ein Training der Frequenzen im Hauptsprachfeld und eine bilaterale auditive Stimulation. Eine Individualisierung ist dahingehend möglich, dass entweder nur die Lateralität, also die Musik oder Sprache abwechselnd links und rechts dargeboten wird oder dass nur die hohen Frequenzen trainiert werden. Ferner kann durch die Auswahl der Musik unterschiedliche Wirkungen erzielt werden (siehe Abschnitt 6.1). Ein Hörabschnitt dauert in der Regel maximal zwölf Wochen, wobei Kinder täglich 30 und Erwachsene 60 Minuten Musik hören sollen. Eine Wiederholung wird bei Bedarf nach zwölf Wochen empfohlen. Die Musiktherapie kann nach sechs Wochen Hörtraining mit technisch veränderten Kinderliedern und Hörgeschichten ergänzt werden, sodass auch Sprachwahrnehmung trainiert wird. Das Programm ist für Kinder ab ca. einem Jahr einsetzbar. Zusätzlich können Knochenhörer verwendet werden, um die sensorische Anregung zu erhöhen. Bei taktile Überempfindlichkeit können Klangkissen anstatt Kopfhörern eingesetzt werden. Für intensivere taktile Stimulation kommen Klangboxen mit rhythmischer Musik zum Einsatz. Das Verfahren kann auch ohne besondere Diagnostik anhand von Indikatio-

nen eingesetzt werden. Während der Beschallung mit Musik kann der Klient einer stillen Beschäftigung nachgehen. Das Hörwahrnehmungstraining nach dem AUDIVA-Verfahren wird genauer in Abschnitt 10.5 und im Anhang A beschrieben.

7.4 Individualisierte auditive Stimulation nach Johansen

Die Individualisierte auditive Stimulation (IAS) wurde auf der Grundlage der Volf-Methode von dem dänischen Sonderpädagogen und Psychologen Kjeld Johansen entwickelt, mit dem Ziel, mit Hörtraining seinen Schülern mit Lese-Rechtschreib- und Konzentrationsstörungen zu helfen. Die bei dem Hörtraining verwendete elektronische Musik wurde eigens für diesen Zweck komponiert. Sie umfasst sieben Grundmelodien von je ca. zehn Minuten Dauer, mit einem Frequenzspektrum zwischen 100-16.000 Hz. Jede Melodie umfasst einen festgelegten Frequenzbereich. Die Melodien werden nach dem individuellen Bedarf des Klienten in Bezug auf Ohr, Frequenzbereich und Dynamik verändert und miteinander kombiniert. Für manche Klienten werden teilweise Töne verwendet, die der Volf-Schalltherapie entnommen sind (Hansen-Lauff & Sanne, 2010).

Um eine möglichst optimale auditive Stimulation zu gewährleisten, wird beim Klienten ein Tonaudiogramm erstellt. Ferner werden die binaurale Fusion, die Lautdiskrimination und die dichotische Diskrimination getestet und die allgemeine und die auditive Lateralität ermittelt. Der dichotische Hörtest beinhaltet auch Aufgaben zur Unterdrückung irrelevanter Sprache. Die Bedeutung des dichotischen Hörens für den Lese-Rechtschreiberwerb wurde eingangs (Abschnitte 4.1., 4.4.3 und Abb. 3) erwähnt. Der dichotische Hörtest soll erst bei Kindern ab sieben Jahren eingesetzt werden, da die Lateralitätsentwicklung erst in diesem Alter als abgeschlossen gilt (vgl. Abschnitt 4.5). Bei Kindern, die jünger als sieben Jahre alt sind, wird auf den dichotischen Hörtest und den Test zur Überprüfung der binauralen Fusion verzichtet. Anhand der erhobenen Daten wird eine individuell für den Klienten abgestimmte CD erstellt, die dieser je nach Befund 6 bis 10 Wochen über handelsübliche, ohrumschließende Kopfhörer 10 Minuten täglich zuhause hören soll. Der Klient soll sich beim Hören auf die Musik konzentrieren. Danach erfolgt eine erneute Überprüfung, nach der eine neue CD erstellt wird. Es dauert in der Regel 9 bis 12 Monate und es werden vier bis fünf individualisierte CDs benötigt bis ein optimales Ergebnis erzielt wird. Die Methode ist für Kinder ab 3 Jahren und für Erwachsene jeden Alters geeignet. Die individualisierte auditive Stimulation verwendet die Idealkurve von Tomatis (Abbildung 7) als diagnostische Grundlage und für die Verlaufsdagnostik (ebd.). Johansen fand die Hypothese Tomatis' bestätigt, als er selbst 40 Probanden mit einer exzellenten Leseleistung im Alter zwischen 7 und 16 Jahren testete. Ihre Hörkurven entsprachen weitgehend der empfohlenen Kurve von Tomatis (Johansen, 2011) die in der Abbildung 7 dargestellt wird.

dB

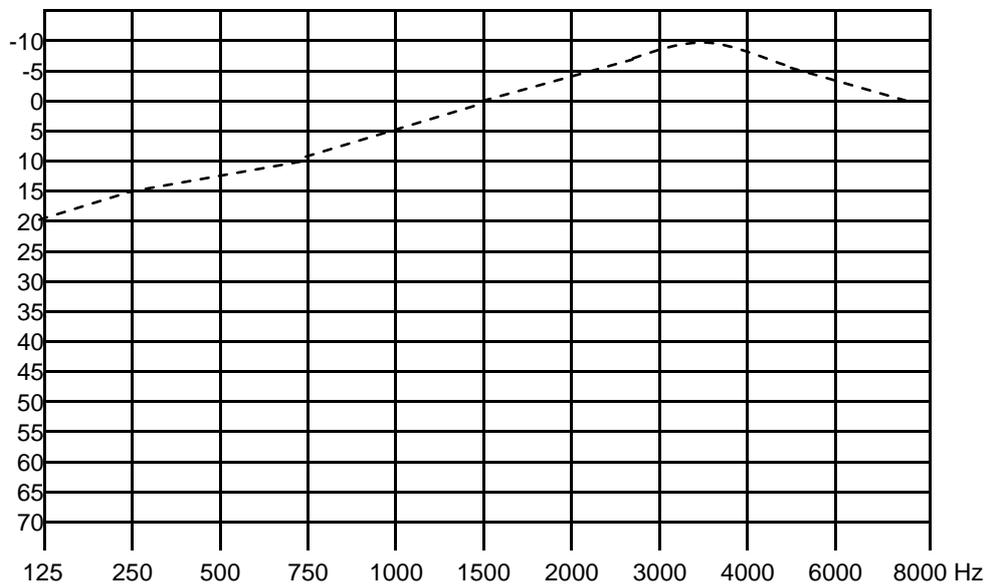


Abbildung 7. Die ideale Hörkurve nach Tomatis zeigt einen deutlichen Anstieg im Frequenzbereich der Sprachlaute, die sich deutlich von den Grundtönen abheben (Hansen-Lauff & Sanne, 2010; Johansen, 2011).

Johansen geht von dem Ansatz aus, dass bei den meisten Menschen das Sprachzentrum in der linken Hirnhälfte lokalisiert ist (siehe Abschnitt 5.2.1) und dass aufgrund der Überkreuzung der Hörbahnen der kürzeste und schnellste Weg für Schall- und Sprachsignale über das rechte Ohr ins Sprachzentrum erfolgt (siehe Abschnitt 2.3).

Daher sollte das rechte Ohr in der Regel das führende Ohr sein. In seltenen Fällen ist dies jedoch nicht der Fall. Bei Linkshändern oder bei einer nicht eindeutigen Lateralität ist daher bei der Befunderhebung und Stimulation Vorsicht geboten. Die Ziele der auditiven Stimulation nach Johansen (JIAS) sind, für beide Ohren eine möglichst ideale Hörkurve zu erreichen, die Lautdiskrimination, die Unterdrückung der irrelevanten Sprache sowie die dichotische Diskriminationsfähigkeit zu optimieren (Hansen-Lauff & Sanne, 2010; Johansen, 2002, 2011).

7.5 Benaudira

Das Hörtraining Benaudira ist eine Weiterentwicklung der Johansen-Methode und es wurde von dem Heilpraktiker Holger Raddatz begründet. Die Befunderhebung ist vergleichbar mit den obigen Ausführungen. Bei Bedarf wird bei manchen Klienten die Knochenleitung gemessen. Die Musik wird auch individuell hier den Messwerten entsprechend abgestimmt und das Training kann zuhause durchgeführt werden. Ein wesentlicher Unterschied zu der Johansen-Methode liegt darin, dass die Musik auch Obertöne enthalten kann. Die Hördauer beträgt täglich 10 - 20 min mit handelsüblichen Kopfhörern. Beim Musikhören soll sich der Klient auf die Musik konzentrieren. Ein Hörtherapiezyklus beinhaltet drei bis fünf individualisierte CDs, die jeweils mehrere Wochen gehört werden sollen. Zwischen jedem Hörabschnitt wird eine Verlaufsdagnostik durchgeführt (Raddatz, 2012; Benaudira).

8 Wirksamkeitsstudien

8.1 Therapie und Training von auditiven Teilleistungen

8.1.1 Stationäre Intensivtherapie

Bei 34 Kindern im Grundschulalter (7-12 Jahre) mit „gesicherter“ AVWS wurde eine stationäre Intensivtherapie von drei Wochen Dauer im Zeitraum zwischen Juli 1998 bis Oktober 2000 mit „restitutiven“ (siehe Abschnitt 4.6) und „kompensatorischen Maßnahmen“ durchgeführt. Die Gruppe bestand aus acht Mädchen und 26 Jungen. Das Durchschnittsalter lag bei 10; 0 Jahren. Die Maßnahme wurde in einem Prä-Post-Design evaluiert, nachdem eine AVWS festgestellt worden war. Der Autorengruppe ging es u.a. darum, festzustellen, ob sich die Effizienz einer Therapie nachweisen lässt (Hesse, Nelting, Mohrmann, Laubert & Ptok, 2001).

Die Kinder wurden vor der Intensivtherapie in der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie der Medizinischen Hochschule Hannover mit „objektiven“ Testverfahren überprüft, die nach den ASHA-Kriterien (siehe Abschnitte 2.6 und 4.5.2) bzw. Konsensus-Statement der DGPP zur Diagnose einer AVWS gehören: Otoakustische Emission (OAE), Hirnstammaudiometrie mit Latenzauswertung, elektro-physiologische Untersuchung der binauralen Fusion, Messung später akustisch evozierter Potentiale. Eine Schwerhörigkeit oder Intelligenzminderung (Columbia Mental Maturity Scale) wurden ausgeschlossen (ebd.).

Vor und nach der Intensivtherapie wurden folgende Tests im Prä-Post-Design durchgeführt: Ton-schwellenaudiogramm und Impedanzmessung, Hannoverischer Lautdiskriminationstest, Hörtest mit zeitkomprimierter Sprache, Würzburger Hörfeldskalierung, dichotischer Hörtest und der diagnostische Rechtschreibtest (DRT) mit qualitativer und quantitativer Auswertung. Zur Messung der Konzentration und Beurteilung der aktuellen psychischen Befindlichkeit wurde der D₂-Aufmerksamkeit-Belastungstest herangezogen. Ab Oktober 1999 wurde der Psycholinguistische Entwicklungstest (PET) bei den therapierten Kindern durchgeführt, ab April 2000 wurde er im Prä-Post-Design eingeführt (ebd.).

Die Therapie setzte sich aus auditivem Training, Vermittlung und Erwerb metalinguistischer sowie metakognitiver Strategien zusammen. Das auditive Training bestand aus kurzen, einfach strukturierten akustischen Reizen aus dem vorsprachlichen Bereich wie Erkennen und Unterscheiden von Intensitäts-, Frequenz- und Tempodifferenzen mit abnehmenden Unterschiedsmerkmalen. Zu dem Training gehörten Übungen zur Geräuschproduktion und -erkennung sowie Richtungshören. Darüber hinaus wurden musikalische Motive aus Melodien herausgehört, Frequenzunterscheidungen und Störschallunterdrückung trainiert. In Einzeltherapien wurden individualisierte Hörübungen durchgeführt (ebd.).

Bei Vermittlung und Erwerb metalinguistischer Strategien lag der Fokus auf Förderung effizienter Sprachperzeptionsprozesse. Dazu gehörten Übungen zur Erkennung von Strukturen sprachlicher Zusammenhänge, zum Generieren eines kontextabhängigen Wortschatzes, Übungen zur sprachlichen Segmentierung und zur Erkennung der Prosodie sowie zum Aufbau eines Metagedächtnisses. Die Übungen zur Vermittlung und zum Erwerb metakognitiver Strategien dienten der Verbesserung von Aufgabenverständnis, der auditiven Aufmerksamkeit, der Identifizierung von Kernaussagen und Redundanz. Darüber hinaus wurden die Hörselfstkontrolle und Strategien zur Vermeidung von Fehlern bei auditiven Aufgaben geübt. Die Behandlung wurde ergänzt durch Verfahren zur Verbesserung des auditiven Gedächtnisses (ebd.).

Als Begleitperson wurde jeweils ein Elternteil mit aufgenommen. Die Eltern wurden psychologisch beraten und nahmen an Einzel- und Gruppentherapie teil, damit sie in der Lage waren, die Nachbetreuung zum Teil zu übernehmen (ebd.).

Die Testergebnisse wurden mit dem „Zwei-Stichproben-t-Test“ bei abhängigen Stichproben analysiert. Im Hannoverischen Lautdiskriminationstest haben sich 19 Kinder verbessert, bei fünf Kindern blieb die Fehlerquote konstant, bei sechs von ihnen verschlechterte sich die Quote um einen Fehler. Der Zugewinn des Mittelwertes war jedoch signifikant (ebd.). Bei der Würzburger Hörfeldskalierung wiesen 16 Kinder vor der Therapie ein „Pseudorekrutment“ in mindestens zwei Frequenzen auf. Nach der Therapie konnte bei acht Kindern dieses nicht mehr nachgewiesen werden, und bei vier Kindern hatte es sich verringert. Alle Kinder verbesserten sich signifikant im dichotischen Hörtest (vgl.

Abb.3 und 4.4.3.2). Im diagnostischen Rechtsschreibtest (DRT) wurden insbesondere die Wahrnehmungsfehler (Worttrennschärfe und Wortgliederung) besonders beachtet. Von durchschnittlich 16.6 Fehlern vor der Therapie reduzierten sich die reinen Wahrnehmungsfehler signifikant auf einen Mittelwert von 8.2. Auch die Gesamtfehlerzahl und die Zahl der Regelfehler reduzierten sich jeweils signifikant. Die Konzentrationsfähigkeit im D₂-Aufmerksamkeitstest verbesserte sich ebenfalls im Mittelwert von 132,9 auf 168,9 signifikant. Bei 19 Kindern, bei denen der PET prä- und posttherapeutisch durchgeführt wurde, verbesserte sich die Leistung signifikant von 60,9 auf 77,3. Bei den 29 Kindern, die 3 bis 6 Wochen nach Abschluss der Therapiemaßnahme in der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie der Medizinischen Hochschule Hannover untersucht wurden, hatten sich bei 14 Kindern die Ergebnisse noch verbessert, bei vier Kindern waren sie stabil geblieben. Bei 11 Kindern ließen sich keine therapiebedürftigen Befunde mehr erheben (Hesse et al., 2001).

8.1.2 Teilfunktionsorientiertes Hörtraining

In einer Vergleichsstudie mit Vorschulkindern untersuchte Scholz (2006) einerseits Möglichkeiten einer diagnostischen Erfassung von auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen bei 36 5- bis 6-jährigen Kindern. Andererseits wollte sie die Wirksamkeit eines teilfunktionsorientierten Hörtrainings nachweisen. Die Kinder wurden mit für Therapeuten gängigen „subjektiven“ Prüfverfahren überprüft, mit dem Ziel, eine AVWS feststellen zu können. Folgende Funktionen wurden überprüft: Lautdifferenzierungsfähigkeit, das phonologische Arbeitsgedächtnis mit dem Mottier-Test, Textgedächtnis, Gedächtnis für Wortreihen, Gedächtnis für Zahlenfolgen, Laute verbinden, Wörter ergänzen und die auditive Aufmerksamkeit. Danach erfolgte ein teilfunktionsorientiertes Hörwahrnehmungstraining, dessen Wirksamkeit nach dem Training in einer Nachuntersuchung überprüft wurde. Dabei standen die unmittelbaren Auswirkungen auf die auditiven Teilleistungen sowie auf den Schriftspracherwerb im Fokus. Achtzehn Kinder erhielten sechs Monate lang einmal wöchentlich 45 min ein teilfunktionsorientiertes Hörtraining, das im letzten Jahr vor der Einschulung als Einzeltraining im Kindergarten in 20 Sitzungen stattfand. Die Kinder der Kontrollgruppe mit 18 ebenfalls auditiv auffälligen Kindern und eine Kontrollgruppe aus 14 unauffälligen Kindern erhielten kein Training. Die Zeitspanne zwischen der Vor- und Nachuntersuchung, die nach Ende der ersten Klasse durchgeführt wurde, betrug 12 Monate. Die Förderinhalte wurden aus Übungen zusammengestellt, die aus den Konzepten von Lauer (2001), Christiansen (2002) und Nickisch et al. (2001) sowie dem Würzburger Trainingsprogramm (Küspert & Schneider, 1999) stammten. Es handelte sich um Aufgaben zur auditiven Aufmerksamkeit, Lokalisation, Selektion, Zeitverarbeitung und Differenzierung auf Ge-

räusch- und Lautebene sowie zur Speicherung und Sequenzierung und phonologischen Bewusstheit (Scholz, 2006).

Als Ergebnis der Studie konnte Scholz (2006) dokumentieren, dass einerseits eine Erfassung von auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen bereits im Vorschulalter sicher möglich ist. Andererseits konnte nachgewiesen werden, dass gestörte auditive Teilfunktionen mithilfe des Hörwahrnehmungstrainings gegenüber den Kontrollkindern signifikant verbessert werden konnten. Scholz plädiert für Präventivmaßnahmen, mit deren Hilfe die auditive Wahrnehmung und Sprachentwicklung optimal unterstützt werden können (Scholz, 2006).

8.2 Studie zur Wirksamkeit von Theraplay® bei Kindern mit rezeptiven Sprachstörungen

Im Phoniatrich Pädaudiologischen Zentrum in Heidelberg wurde von 1998 bis 2003 eine kontrollierte Längsschnittstudie (LSS) mit einer Folgestudie zur Nachhaltigkeit von Therapieeffekten von Theraplay® durchgeführt (Wettig & Franke, 2005). Es handelt sich um ein strukturiertes Therapieverfahren zur Behandlung von rezeptiven Sprachstörungen. Das Ziel war, die Wirkung von Theraplay® bei einer zufällig anfallenden Gruppe von Patienten und Patientinnen mit sprachlichen Kommunikationsstörungen in Verbindung mit sozialen Interaktionsstörungen zu untersuchen. Die Stichprobe der Studie umfasste 60 klinisch auffällige Kinder in einem Durchschnittsalter von 4; 4 Jahren beim Erstkontakt. Das Verhältnis Jungen: Mädchen betrug 2.5:1. Die im Alter und Geschlecht parallelisierte Kontrollgruppe umfasste 30 Kinder. Die zu vergleichenden Daten der Kinder wurden an drei Zeitpunkten erfasst: Zu Beginn der 16-wöchigen Wartezeit, nach Ende der Therapiesequenz von durchschnittlich 16 Sitzungen à 30 min, sowie zwei Jahre nach Abschluss der Therapie. Die LSS-Evaluation wurde mit der inhaltlich und methodisch vergleichbaren kontinuierlichen Multi-Zentren-Studie (MZS) mit 251 Kindern ab 2000 ergänzt, um größere Populationen aus mehreren Regionen zu erfassen. Darin sind Befunde der Anamnese, der Therapieverläufe, Befunde nach Abschluss (bis Ende 2003) der Behandlung und Anzahl der Therapiesitzungen durch geprüfte Theraplay®-Therapeuten dokumentiert. Das Verhältnis Jungen: Mädchen betrug 2.2:1 und das Durchschnittsalter beim Erstkontakt lag bei 4; 9 Jahren. Die durchschnittliche Therapiedauer in der MZS-Gruppe betrug 19.5 Sitzungen à 30 min (Wettig & Franke, 2005).

Bei der LSS-Gruppe wurde bei 52 Kindern und bei der MZS-Gruppe bei 164 Kindern eine rezeptive Sprachstörung diagnostiziert. Die Sprachverständnisstörung wurde durch Beobachtung des dyadischen Mutter-Kind bzw. Vater-Kind Verhaltens anhand der Heidelberger Marschak-Interaktions-Methode (Ritterfeld & Franke 1994) erfasst. Dazu ergänzend wurde eine Befragung der Eltern zu

häuslichen Erfahrungen durchgeführt und eine Einschätzung der Logopädinnen nach dem psychopathologischen Befund-System für Kinder und Jugendliche (CASCAP-D) erhoben. Es ist die deutsche Fassung der Clinical Assessment Scale for Child and Adolescent Psychopathology, die von Doepfner et al. (1999) für deutsche Verhältnisse validiert worden ist. Die Kontrollbezugsdaten stammten aus den Befunden von 30 klinisch unauffälligen Kinder der LSS-Gruppe (Wettig & Franke, 2005).

Die Störung des sozialen Interaktionsverhaltens wurde ebenfalls mit dem CASCAP-D diagnostiziert. Sie erlaubt die Einteilung des Ausprägungsgrades von 1 = unauffällig bis 4 = stark ausgeprägt. Die Kinder mit der Störung des sozialen Interaktionsverhaltens wurden in drei Gruppen unterteilt: sprachgestörte Kinder mit oppositionell-verweigerndem Verhalten (LSS: n = 19; MZS: n = 95), sprachgestörte Kinder mit scheuem Verhalten (LSS: n = 20; MZS: n = 82) sowie Kinder mit mangelnder sozialer Gegenseitigkeit (LSS: n = 14, davon neun bei frühkindlichem Autismus; MZS: n = 42). Beim Therapieaufbau muss das soziale Interaktionsverhalten der Kinder berücksichtigt werden (ebd.).

Als Gesamtergebnis der Studie konnte festgehalten werden, dass sich alle Kinder nach der Therapie dem Verstehen der Sprache geöffnet haben. Die Veränderungen waren statistisch signifikant. Das oppositionell-verweigernde Verhalten ebenso wie das scheue Verhalten hatte sich signifikant reduziert. Bei den Verhaltensstörungen mit mangelnder sozialer Interaktion war die Verbesserung tendenziell gegeben, jedoch nicht signifikant. Die Aufmerksamkeit und Kooperationsbereitschaft, die eine Voraussetzung für die effektive Behandlung von Sprachverständnisstörungen sind, haben sich statistisch signifikant verbessert, obwohl sie nicht das Niveau der unauffälligen Kinder erreicht haben. In der Überprüfung 2 Jahre nach Abschluss der Behandlung hatte es in der Gruppe mit mangelnder sozialer Gegenseitigkeit keine signifikanten negativen Veränderungen gegeben. Die Steigerung der Aufmerksamkeit bei Kindern der LSS hat sich nicht als stabil erwiesen, sondern hat sich tendenziell wieder verschlechtert. Ihr Sprachverständnis hingegen hat sich tendenziell weiter verbessert (Wettig & Franke, 2005).

8.3 Wirksamkeitsstudien von Hörtrainingsverfahren mit Musik

8.3.1 Hörwahrnehmungstraining mit AUDIVA bei Hyperakusis

Rosenkötter hält Hörtraining bei der Behandlung von Hyperakusis für besonders gut geeignet (siehe 2.6; 4.2). Er führte eine Vergleichsstudie mit 21 Schülern im Alter von 9-19 Jahren mit Zerebralparese, d.h. mit einer zerebralen Kinderlähmung als Folge eines frühkindlichen Hirnschadens (Pschyrembel, 2004, S. 1984), durch. Das Durchschnittsalter lag bei 13; 10 Jahren. Bei 14 Kindern wurde eine Hyperakusis diagnostiziert. 13 von ihnen wurden dreimal wöchentlich 8 Wochen lang je 40 min mit

Hörtraining behandelt (AUDIVA). Die Kontrollgruppe bestand aus acht gleichaltrigen Schülern mit Zerebralparese ohne Hyperakusis. Die Gruppen unterschieden sich nicht in Bildungsstand, Sprachkompetenz und motorischen Fähigkeiten. Die Therapie bestand aus einem Lateral- und Hochtontraining mit Musik. Die Experimentalgruppe zeigte sowohl eine Normalisierung der Unbehaglichkeitsschwelle als auch eine Verbesserung der Hörschwelle gegenüber der Kontrollgruppe. Die Unterschiede der Unbehaglichkeitsschwelle (siehe Tab. 1) vor und nach dem Training waren statistisch signifikant (Rosenkötter, 2000; 2003, S. 132).

8.3.2 Individualisierte auditive Stimulation nach Johansen

8.3.2.1 Das PEKU-Langzeitprojekt

In Mittel-Finnland wurde von 2001 bis 2007 ein von einer Stiftung gefördertes Langzeitprojekt zur Behandlung von Lernstörungen mit insgesamt 1094 Teilnehmern durchgeführt. Die Altersspanne betrug 3 - 60 Jahre, 39 % der Teilnehmer waren weiblich, 61 % männlich. Die Mehrzahl der Teilnehmer war im Grundschulalter (7 - 10 Jahre). Das Projekt wurde 2004 - 2006 von Pirjo Korpilahti und den Universitäten Turku und Oulu begleitet. Bei allen Teilnehmern wurde eine Störung der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung diagnostiziert (vgl. Abschnitt 4.5.2). Sie haben daraufhin zehn Minuten täglich ein individualisiertes auditives Hörprogramm mit Musik absolviert (siehe Abschnitt 7.4). Zu Beginn des Projekts wurde die individualisierte auditive Stimulation nach Johansen (JIAS) verwendet, die damals als *Auditory Perception and Discrimination Training (ADT)* bezeichnet wurde (Hansen-Lauff & Sanne, 2010; PEKU, 2007). Ab 2004 wurde eine finnische Weiterentwicklung dieser Methode mit der Bezeichnung *Individual Auditory Discrimination Training (IADT)* eingesetzt (PEKU, 2007). Es wurden durchschnittlich vier individualisierte CDs pro Klient benötigt (siehe Abschnitt 7.4). Die Hördauer einer CD betrug 8 bis 10 Wochen. Teilnehmer mit schweren Lern- und Aufmerksamkeitsstörungen haben zusätzlich ein neurophysiologisches Trainingsprogramm absolviert, da bei ihnen persistierende frühkindliche Reflexe festgestellt worden waren. Diese wurden mit neurophysiologischen Übungen aus dem INPP-Programm gehemmt (*INPP, Institute for Neuro-Physiological Psychology; Goddard-Blythe, 2009*). Der Verlauf des Rehabilitationsprojekts und die Ergebnisse sind in einem Abschlussbericht zusammengefasst. Insgesamt konnte festgehalten werden, dass sich bei den Teilnehmern die Lautdifferenzierungsfähigkeit, die Filterung von Nutzschall vom Störschall, das Richtungshören, die Konzentration und das Sprachverständnis signifikant verbessert hatten. Darüber hinaus wurde die Geräuschüberempfindlichkeit abgebaut oder reduziert. (PEKU, 2007). Der Bericht ist sehr allgemein gehalten und es fehlt eine detaillierte Dokumentation mit Prä-Post-Vergleich, die bei solch einer großen Probandenzahl sehr umfangreich sein muss. Aus dem Bericht geht ebenfalls

nicht hervor, wie viele Teilnehmer zusätzlich das neurophysiologische Übungsprogramm absolviert haben. Aufgrund der unzureichenden Dokumentation und den fehlenden Kontrollgruppen kann das Langzeitprojekt nicht als eine Evaluation verstanden werden, sondern es kann insbesondere mit seiner großen Teilnehmerzahl als Impulsgeber für die Praxis sowie weitere Forschung dienen.

8.3.2.2 Auditive Stimulation bei Sprachentwicklungsstörung

Korpilahti, Čeponiene und Näätänen (2002) haben in einer Vergleichsstudie mit 27 Probanden die Wirksamkeit vom Hörtraining bei sprachentwicklungsgestörten Kindern mit Leserechtschreibproblemen im Alter zwischen 7 und 10 Jahren nachgewiesen. Neurofunktionelle Korrelate, die mit Spracherwerb zusammenhängen, können mit ERP (*event related potentials*) aufgedeckt werden. MMN (*Mismatch Negativity*) ist eine ERP-Wellenform, die unabhängig von Aufmerksamkeit, Veränderungen in auditiven Wahrnehmungsmodalitäten aufzeigt (siehe Abschnitt 4.2.1). MMN wird durch Langzeitgedächtnis und Lerneffekt moduliert. Es wird angenommen, dass eine späte MMN (*late MMN*) Abweichungen in komplexen auditiven Einheiten aufspürt. Mithilfe von ERP - Aufzeichnungen ist es möglich, verschiedene Phasen der auditiven Verarbeitung und auf der Verhaltensebene unerreichbare kognitive Reaktionen isoliert zu betrachten. Das Ziel der Studie war herauszufinden, ob und in wieweit sich der Effekt des auditiven Diskriminationstrainings (ADT) durch ERP und Veränderungen in MMN bemerkbar macht. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass es ein intensives auditives Training, das die besonderen Defizite in der auditiven Wahrnehmung bei SSES berücksichtigt, zu Veränderungen in MMN führt (Korpilahti et al., 2002).

Sechs Kinder mit SSES haben ein individualisiertes auditives Wahrnehmungstraining (*Auditory Perception and Discrimination Training*, ADT, frühere Bezeichnung der *Johansen individualisierten auditiven Stimulation* [Hansen-Lauff & Sanne, 2010]) mit technisch veränderter Musik absolviert. Das ADT wurde entwickelt, um Lautdiskriminationsschwäche (vgl. 4.2.1) und auditive Ablenkbarkeit (vgl. 4.2), die u.a. mit SSES auftreten, zu reduzieren (siehe Abschnitt 7.4). Die Musik-Bänder wurden den Kindern anhand von Daten aus dem Tonaudiogramm individuell angefertigt. Sie hörten zuhause täglich 10 Minuten ihre individualisierte Musik über Kopfhörer (siehe Abschnitt 7.4). Es gab drei bis fünf Überprüfungstermine, nach denen die Therapiemusik neu angepasst wurde. Das ADT-Hörtraining dauert i. d. R. 6 bis 9 Monate. Eine Kontrollgruppe von acht Kindern ebenfalls mit SSES und Leserechtschreibstörung erhielt während der Zeit des auditiven Trainings der Experimentalgruppe kein Training. Die zweite Kontrollgruppe bestand aus 13 gleichaltrigen, sprachlich unauffälligen Kindern (Korpilahti et al., 2002).

Vor Beginn der auditiven Stimulation der Experimentalgruppe wurden die sprachlichen Leistungen aller 27 Kinder mit dem Boston Naming Test überprüft. Ebenfalls vor Beginn des auditiven Trainings

wurde die basale auditive Diskriminationsfähigkeit bei allen 27 Probanden überprüft. Die auditiven Stimuli wurden allen Probanden binaural bei ca. 75 dB über Kopfhörer dargeboten. Die basale auditive Diskriminationsfähigkeit wurde mit den Reintonstimuli 500 Hz bzw. 2000 Hz als Standardstimuli und 550 Hz bzw. 2200 Hz als abweichende Stimuli (ebenfalls mit MMN) registriert. Die Dauer des Standardstimulus betrug 500 ms, des abweichenden Stimulus 200 ms. Die frühe MMN (*early MMN*, 150-350 ms) und die späte MMN (*late MMN*, 350-550 ms) wurden getrennt analysiert. Während der Messung der Reaktionen auf auditive Reize und der Hirnströme mit ERP bzw. MMN schauten sich die Kinder einen Film ohne Ton an. Die Lautdiskrimination wurde anhand der finnischen Vokale /e/ und /ö/ und der Silben /ta/ und /ka/ (mit MMN) gemessen. Vor dem Hörtraining wurden bei den sprachentwicklungsgestörten Kindern längere *early MMN*-Latenzzeiten bei den Diskriminationsaufgaben und schwächere *late MMN*-Amplituden beobachtet. Aufmerksamkeit, Verhalten, Koordination und Sprachentwicklung wurden zusätzlich von Eltern und Lehrern beurteilt. Nach 9 Monaten Hörtraining der Experimentalgruppe mit ADT (s.o.) wurden die Messungen mit ERP mit allen Probanden wiederholt. Die MMN zeigten in der Experimentalgruppe eine signifikante Verbesserung der Lautdiskrimination und der Reintonerkennung gegenüber den Kontrollgruppen, insbesondere zwischen den Vokalen /e/ und /ö/ und der Diskrimination zwischen 500 und 550 Hz. Die ADT-Gruppe hatte jetzt die Altersnorm in Bezug auf Diskrimination von Konsonanten und bei Benennungen erreicht. Auch die Beurteilung durch Eltern und Lehrer bestätigte die positive Entwicklung bei den allgemeinen sprachlichen Kompetenzen nach dem Hörtraining. Die Autorengruppe plädiert für den Einsatz des Hörtrainings bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen, um ihre auditive Diskriminationsfähigkeit zu verbessern und ihnen den Zugang zur Sprache zu erleichtern (Korpilahti et al., 2002).

8.3.2.3 Auditive Stimulation bei Lese-Rechtschreibstörung

In einer Vergleichsstudie mit 28 Schülern im Alter zwischen 13 und 17 in den Niederlanden hat de Zwart die Wirksamkeit der Johansen-Methode (JIAS) überprüft (de Zwart, 2008). Zehn Schüler mit gesicherter Lese-Rechtsschreibstörung haben in der Schule neben dem Förderunterricht fünf Mal in der Woche jeweils 10 Minuten täglich individualisierte Musik mit Kopfhörern (siehe Abschnitte 4.4.3 und 7.4) gehört. Die individualisierten Musik-CDs wurden für die Klienten anhand der Daten aus der JIAS-Diagnostik erstellt. Die auditive Stimulation dauerte insgesamt 15 bis 18 Monate. Die Schüler hörten insgesamt vier bis fünf individualisierte Musik-CDs (s.o.). Eine in Bezug auf Geschlecht, Alter, Leseleistung, Intelligenz und mathematische Kompetenzen parallelisierte Gruppe von zehn Schülern mit ebenfalls einer Lese-Rechtsschreibstörung erhielt im selben Zeitraum lediglich den im Curriculum vorgesehenen Förderunterricht. Die zweite Kontrollgruppe, die nach Alter, Geschlecht, Intelligenz und mathematischen Kompetenzen parallelisiert worden war, bestand aus acht Schülern ohne Lese-

Rechtsschreibproblematik. Bei allen Probanden wurden vor Beginn und nach Beendigung der auditiven Stimulation der Experimentalgruppe folgende Fertigkeiten mit standardisierten, in den Niederlanden üblichen Testverfahren getestet:

- Lesekompetenz (Dekodieren)
- Lesesinnverständnis
- Rechtschreibleistung
- Visuelles Gedächtnis
- Auditives Gedächtnis
- Phonemische Analyse
- Schnelles Benennen

Ferner wurde ein Fragebogen für Eltern und Schüler erstellt und ausgewertet.

Die Experimentalgruppe hatte sich nach der auditiven Stimulation gegenüber den Kontrollgruppen signifikant Bezug auf folgende Kategorien verbessert:

- Lesekompetenz (Dekodieren)
- Rechtschreibleistung
- Visuelles Gedächtnis
- Phonemische Analyse
- Schnelles Benennen

Das Lesesinnverständnis und das auditive Gedächtnis der Schüler der Experimentalgruppe hatten sich nach Abschluss der auditiven Stimulation tendenziell aber nicht signifikant gebessert. Die Hörverarbeitung der Schüler der Experimentalgruppe, die die auditive Stimulation absolvierten, wurde vor jedem Hörabschnitt eingehend diagnostiziert. Nur so wird gewährleistet, dass die Musik-CDs für den jeweiligen Klienten optimal angepasst werden. Zu dieser Diagnostik gehört immer eine Reintonaudiometrie, die Überprüfung der binauralen Fusion sowie ein dichotischer Hörtest (siehe Abschnitt 7.4). Daher ergibt sich für die Experimentalgruppe eine zusätzliche Verlaufsdiagnostik. Bei den Schülern der Hörtrainingsgruppe hatten sich die Messwerte gegenüber ihren Anfangswerten (Bezugswert) signifikant ($p < .05$) gebessert in Bezug auf:

- Reintonaudiometrie und binaurale Fusion sowie
- dichotisches Hören.

Zehn Monate nach Abschluss der auditiven Stimulation konnten bei der Experimentalgruppe bei einer Follow-up-Testung noch weitere Verbesserungen beobachtet werden. Hierbei handelte es sich um:

- Lesesinnverständnis
- Rechtschreibleistung
- Auditives Gedächtnis.

Somit hatten sich die Schüler der Experimentalgruppe in allen getesteten Bereichen gebessert. Die Angaben aus den Eltern- und Schülerfragebögen bestätigten Verbesserungen in Aufmerksamkeit und Koordination. Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass die individualisierte auditive Stimulation nach Johansen (JIAS) auditive Fähigkeiten verbessert, die bei Personen mit Lese-Rechtsschreibstörung defizitär sind (de Zwart, 2008).

8.4 Zusammenfassung

Wie im Kapitel 5 anhand von mehreren Beispielen gezeigt werden konnte, sind Musik und Sprache in ihren Strukturen sehr ähnlich. Die förderliche Wirkung von Musik und Musizieren auf sprachliche Fähigkeiten liegt nach zahlreichen Untersuchungen darin begründet, dass sich einerseits die neuronalen Prozesse bei der Verarbeitung von Musik und Sprache überlappen bzw. in den gleichen Regionen stattfinden, zum Anderen werden beim aktiven Musizieren neuronale Verbindungen in einem Ausmaß benötigt und gebildet, was den Bedarf für Sprachverarbeitung weit übersteigt. Diese sind also für die Sprache im Überfluss verfügbar, wie Patel mit seiner OPERA-Hypothese argumentiert (siehe Abschnitt 6.2.9).

Im Kapitel 7 wurden einige auf Musik basierende Hörtrainingsverfahren vorgestellt, die eigens für die Behandlung von auditiven Wahrnehmungsstörungen, Sprach- und Lernstörungen sowie Aufmerksamkeitsstörungen entwickelt worden sind. In der Studie (Rosenkötter, 2000) konnte die Wirksamkeit eines Verfahrens bei der Behandlung von Hyperakusis nachgewiesen werden. In einer weiteren Vergleichsstudie (Korpilahti et al., 2002) konnte die Wirkung von auditiver Stimulation bei Sprachentwicklungsstörung sogar mit einem objektiven, aufmerksamkeitsunabhängigen Messverfahren (ERP) dargestellt werden. In der Studie von de Zwart (2008) wurde die Effektivität der auditiven Stimulation bei Lese-Rechtsschreibstörung im Vergleich zu pädagogischen Fördermaßnahmen nachgewiesen.

Bei den Hörtrainingsverfahren mit Musik wird diese gezielt eingesetzt, indem wesentliche Parameter der Musik moduliert werden, um die Wirkung noch zu verstärken bzw. gezielt einzusetzen. Je nach

Verfahren gibt es unterschiedliche Schwerpunkte. Alle beruhen jedoch auf dem Ansatz, dass auditive Stimulation mit Musik die sprachlichen und auditiven Funktionen verbessert. Darüber hinaus wird von einer ausgleichenden emotionalen Wirkung auf die Psyche ausgegangen.

Im Kapitel 8 wurden Studien über Behandlungsmethoden vorgestellt, in denen auditive Wahrnehmungsstörungen mit unterschiedlichen Verfahren offensichtlich erfolgreich behandelt worden waren. Beide Verfahren forderten einen hohen Aufwand. Für die stationäre Therapie von auditiven Wahrnehmungsstörungen war allein aufgrund des stationären Aufenthalts der Probanden ein hoher personeller und finanzieller Aufwand notwendig. Die angewandten Therapiemethoden in der Klinik erforderten auch eine aktive Beteiligung der betroffenen Kinder. Bei der Studie von Scholz ging es um Einzeltraining mit den betroffenen Kindern über mehrere Monate, was ebenfalls einen hohen zeitlichen und personellen Einsatz erfordert. Bei Theraplay® handelt es sich ebenfalls um Einzeltherapiesitzungen.

Im Gegensatz zur stationären Intensivtherapie, zum teilfunktionsorientierten Funktionstherapie sowie zum Theraplay® hinsichtlich der Behandlung von rezeptiven Sprachstörungen, läuft das Hörtraining bei allen im Kapitel 7 vorgestellten Hörtrainingsverfahren mit Musik „nebenbei“. Die Kinder brauchen sich lediglich Kopfhörer aufzusetzen und sich von Musik beschallen zu lassen. Die Tomatis-Therapie und die Systemische Hörtherapie werden in ambulanten Praxen durchgeführt. Die Kinder bzw. Klienten können sich jedoch während des Musikhörens mit anderen Dingen beschäftigen. Bei den anderen Hörtrainingsverfahren (JIAS, Benaudira, Volf, und AUDIVA) kann die Behandlung zuhause oder in pädagogischen Einrichtungen durchgeführt werden, da der technische Aufwand vergleichsweise gering ist, keine spezielle Ausbildung zur Bedienung der Geräte notwendig ist und die Kinder während des Musikhörens nur begleitet werden müssen. Bei der Volf-Methode, der auditiven Stimulation nach Johansen und Benaudira muss lediglich ein Abspielgerät bedient und das Kind jeweils 10 bis 15 min betreut werden. Das AUDIVA-Verfahren sowie das Basis-Training der Johansen Methode können mit Kopfhörerverteilern als Gruppentraining z. B. in Schulen oder Kindergärten durchgeführt werden, was den personellen Aufwand noch reduziert. Alle Verfahren haben jedoch den Nachteil, dass sie als alternative Behandlungsmethoden zu den privat finanzierten individuellen Gesundheitsleistungen, den sogenannten IGEL-Leistungen gehören. Die Kosten sind von Methode zu Methode unterschiedlich hoch.

Der zweite Teil der vorliegenden Arbeit beinhaltet eine Evaluationsstudie mit Kindern im Alter von 4 bis 6 Jahren mit Sprachverständnisstörungen, in der die Wirksamkeit eines Hörtrainingsverfahrens mit technisch veränderter Musik überprüft wird.

9 Fragestellung und Hypothesen

9.1 Fragestellung

Sprachentwicklungsstörungen bleiben erschreckend häufig unbemerkt. Ullrich und von Suchodoletz (2011) beziehen sich auf eine Studie von Tomblin et al. (1997), die aufdeckte, dass zwei Drittel der sprachgestörten Kindergartenkinder bis zum fünften bzw. sechsten Lebensjahr nicht erkannt worden waren. Nur 39 % der Eltern von Kindern mit schweren Sprachstörungen waren über die Defizite ihrer Kinder informiert worden.

Das Screening und Training der phonologischen Bewusstheit ist mittlerweile in vielen Kindertagesstätten ein fester Bestandteil der Schulvorbereitung geworden. Defizite des Sprachverständnisses hingegen bleiben unberücksichtigt und werden im Alltag häufig nicht erkannt. Eltern von Kindern mit Sprachverständnisstörungen glauben vielmehr, dass ihr Kind nur nicht zuhört, bzw. sich nicht richtig konzentriert (Petermann & Rißling, 2011; Tippelt & von Suchodoletz, 2011). Das rezeptive Sprachvermögen wird zwar als Voraussetzung für die Sprachproduktion angesehen; die gängigen Therapiemethoden jedoch beziehen sich vorwiegend auf die Behandlung der expressiven Sprache (Zollinger, 1997).

Das Plädoyer von Suchodoletz (2009) ist aufzugreifen, Kinder im Vorschulalter erfolgreich zu therapieren, um ihnen eine unbeeinträchtigte, langfristige kognitive, emotionale und soziale Entwicklung zu ermöglichen. Das Verstehen komplexer grammatischer Strukturen, eine intakte Lautdiskriminationsfähigkeit und auditive Aufmerksamkeit sind wesentliche Bausteine für eine erfolgreiche Schullaufbahn. Das phonologische Arbeitsgedächtnis hat eine zentrale Rolle nicht nur für die Sprachentwicklung, sondern auch für den Lese-Rechtsschreiberwerb (Henry, 2012) und es ist beim Aufbau der mathematischen Kompetenzen beteiligt (Grube, 2006). Bei erfolgreich therapierten Kindern mit überwindener Sprachentwicklungsverzögerung sowie bei Late Bloomers bleiben phonologische Fähigkeiten und das phonologische Arbeitsgedächtnis jedoch beeinträchtigt (Henry, 2012). Gibt es Möglichkeiten, diese Defizite wirksam zu überwinden?

Für die Sprachtherapie gilt es nach Schlesiger (2009) herauszufinden, ob Methoden, die sich z.B. an der Sprachverarbeitung orientieren, effektiv sind. Welche Fähigkeiten und Mechanismen sind bedeutsam für die nächsten Schritte in der Sprachentwicklung (Schlesiger, 2009)? Nach dem pathologischen Ansatz (Kauschke & Siegmüller, 2006; Siegmüller, 2009) liegt der Fokus der Therapie auf der Aktivierung der verlangsamten bzw. stagnierenden Entwicklungsprozesse. Wie bereits eingangs (siehe Abschnitte 3.2 und 4.4.1) erläutert wurde, gelten u.a. die langsame Verarbeitungsgeschwindigkeit und geringe Kapazität der Verarbeitung auditiver und sprachlicher Informationen als eine Ursache für umschriebene Sprachentwicklungsstörungen. Im Rahmen der sprachtherapeutischen

Praxis stehen für die Verlaufsdagnostik die Messung des auditiven Gedächtnisses, die Testung der Lautdiskriminationsfähigkeit sowie des Sprachverständnisses mit standardisierten und nicht standardisierten Testverfahren zur Verfügung.

In der vorliegenden Untersuchung gilt es zu überprüfen, ob die „Dynamik des Spracherwerbs“ (Sieg-müller, 2009) wirksam mit Hörtraining unterstützt werden kann. Die Studie ist Vorschulkindern ge-widmet, die nach Einschätzung ihrer Erzieherinnen

- nicht zuhören,
- sich nur schwer etwas merken können und
- oft abgelenkt wirken.

Zunächst sollten diese Risikokinder möglichst zuverlässig entdeckt und mit vergleichsweise wenig Aufwand getestet werden. Anschließend sollten sie erfolgreich behandelt werden, um ihnen eine Schullaufbahn zu ermöglichen, die ihrer Begabung entspricht und nicht unter ihren Möglichkeiten bleibt.

Auf der Grundlage der Erkenntnisse aus der musikpsychologischen Forschung, die in den letzten Jah-ren im Hinblick auf die förderliche Wirkung von Musik und Musizieren auf sprachliche Fähigkeiten gewonnen wurden, soll überprüft werden, ob auch ein auf Musik basierendes Hörtraining wirksam bei der Behandlung von sprachlichen Defiziten bei Kindern ist. Darüber hinaus gibt es bereits Hin-weise aus dem europäischen Raum, dass auch musikbasiertes Hörtraining positive Auswirkungen auf sprachliche Fähigkeiten haben kann.

Im theoretischen Teil dieser Arbeit wurde bereits der Zusammenhang zwischen Musik und Sprache, zwischen Lautdifferenzierungsschwäche und Tonhöhenunterscheidungsschwäche, sowie die Bedeu-tung des phonologischen Arbeitsgedächtnisses für das Behalten von Tonfolgen dargelegt. Ferner wurde die Rolle der Präzision der Speicherung innerhalb der phonologischen Schleife diskutiert. Mehrere Studien belegen die förderliche Wirkung des Musizierens auf sprachliche Fähigkeiten. Eben-so kommen Jones et al. (2009) aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse zu dem Schluss, dass Patien-ten bei phonologischen Störungen, also bei Störungen des Lautdifferenzierungssystems, mit Thera-pien, die auf Musik basieren, behandelt werden könnten.

Nach der aktuellen Evidenzlage wird von sprachfreien Trainingsverfahren, darunter jede Art von Klangtherapie und Hörtrainingsverfahren mit Musik, zur Behandlung von auditiven Wahrnehmungs-störungen aufgrund fehlender Wirksamkeitsnachweise abgeraten (Lauer, 2014; von Suchodoletz, 2005). Bei der zu untersuchenden Probandengruppe geht es um Kinder im Vorschulalter, bei denen aufgrund ihres Alters der Befund einer auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung nicht ohne großen Aufwand möglich ist (Lauer, 2014). Die Liste der Symptome bei der zu untersuchenden Probandengruppe lässt sich nach den Definitionen von Rosenkötter (2003) und Deuse (2005) durch-aus einer AVWS zuordnen. Nach der überarbeiteten Definition (Lauer, 2014) handelt es sich eher um

komorbide Störungen, bzw. Störungen der Einflussfaktoren (siehe Abschnitt 4.1 und Abb. 3). Es ist jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit zu klären, ob es sich bei den vorliegenden Störungen der Probanden um eine AVWS handelt oder nicht. Es gibt durchaus Parallelen zwischen den Symptomen von Sprachverständnisstörungen und einer auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung (siehe Abschnitte 4.1 und 4.4.2).

Vielmehr geht es um die Frage, ob und wie es möglich ist, die positiven Erfahrungen aus der beruflichen Praxis der Autorin in einem Prä-Post-Design mit größeren Stichproben bestätigt werden können. Da es sich bei dem Untersuchungsgegenstand, dem AUDIVA-Hörwahrnehmungstraining um ein alternatives Behandlungsverfahren handelt, geht es bei der Studie auch um einen Versuch, im Rahmen der gängigen Testverfahren, die der sprachtherapeutischen Praxis verfügbar sind, einen glaubwürdigen Wirksamkeitsnachweis zu erbringen, damit das Verfahren ggf. als eine evidenzbasierte Behandlungsmethode anerkannt werden kann (von Suchodoletz, 2003, S. 22). Von Suchodoletz (2005) hält u.a. ein sprachfernes Training, um die Hemisphärenkoordination zu verbessern, bei sprachauffälligen Kindern für nicht empfehlenswert.

In der vorliegenden Studie wurde die folgende Fragestellung überprüft:

1. Bezugnehmend auf die Studien von Korpilahti et al. (2002) und de Zwart (2008) stellt sich die Frage, ob das Hörwahrnehmungstraining nach dem AUDIVA-Verfahren mit technisch veränderter Musik eine geeignete Methode ist um Vorschulkinder mit Sprachverständnisstörungen erfolgreich zu behandeln?
2. Rosenkötter (2003) setzt die auditive Verarbeitung und Wahrnehmungsleitung als Grundlage für das Sprachverständnis. Welche Teilfunktionen spielen dabei eine wesentliche Rolle? Welche Teilfunktionen sollten trainiert werden, bzw. welche Teilfunktionen kann man als zentrale Funktionen festlegen, die es in einem Prä- und Post-Design zu beobachten gilt?
3. Denkbar wäre die Lautdiskriminationsfähigkeit. In den Studien von Korpilahti et al. (2002) und de Zwart (2008) wird dokumentiert, dass sich u.a. die Lautdiskriminationsfähigkeit mithilfe des Hörtrainings gebessert hatte. Könnte dieses Ergebnis auch mit dem AUDIVA-Hörwahrnehmungstraining erzielt werden?
4. Wenn ja, in welchem Maße verbessert sich das Hochtönenverstehen, was mit der Wahrnehmung der Formanten in Zusammenhang gebracht werden kann? Eine bessere Wahrnehmung der hohen Frequenzen könnte die Wahrnehmung der Formanten verbessern, was wiederum die Lautdiskriminationsfähigkeit begünstigen würde (siehe Abschnitt 5.1.2).
5. Aus der Annahme heraus, dass die Kapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses von der Präzision der phonologischen Schleifenkomponente abhängt (Hasselhorn et al.,

2000), knüpft sich schließlich die letzte Frage an die Fragen 3 und 4: Gibt es positive Auswirkungen auf das phonologische Arbeitsgedächtnis?

9.2 Hypothesen

Die Hypothesen leiten sich von den Ausführungen im theoretischen Teil dieser Arbeit ab. Es wurden Zusammenhänge zwischen der Struktur und Verarbeitung von Sprache und Musik sowie Untersuchungen über die positive Wirkung aktiven Musizierens auf sprachliche Fähigkeiten vorgestellt. Ferner sind bereits Evaluationsstudien über eine andere Hörtrainingsmethode durchgeführt worden, die auf Musik basiert. Es wird daher angenommen, dass das zu untersuchende Hörtrainingsverfahren mit technisch veränderter Musik als Lateral- und Hochtonttraining ebenfalls messbare positive Auswirkungen auf sprachliche Fähigkeiten haben kann.

Hypothese 1. Das Hörtraining verbessert das auditive Arbeitsgedächtnis.

Hypothese 2. Das Hörtraining verbessert das Hochtontverstehen.

Hypothese 3. Das Hörtraining verbessert die Lautdiskriminationsfähigkeit.

10 Methode der Untersuchung

Die Studie erstreckte sich über 3 Jahre vom März 2010 bis Juni 2013 und wurde in mehreren Teilabschnitten durchgeführt, weil nur so eine ausreichende Teilnehmerzahl für eine Evaluationsstudie, die von einer einzelnen Person bewältigt wurde, erreicht werden konnte. 10 Kindertageseinrichtungen aus den Landkreisen Osterholz, Cuxhaven, Oldenburg, sowie der Stadt Delmenhorst haben daran teilgenommen. Die meisten dieser Einrichtungen befinden sich in ländlichen Zentren. Alle Kinder wurden mit derselben Testbatterie, die in 10.3 vorgestellt wird, überprüft. Die Abstände zwischen der Prä- und der Posttestung wurden für alle Gruppen möglichst gleichbleibend gehalten. Grundlage für den Beobachtungszeitraum für alle Gruppen war die Zeit des Hörtrainings, das 12 Wochen dauern sollte. Die Kinder, die das Hörtraining absolvierten, wurden möglichst zeitnah vor Beginn des vorgesehenen Hörtrainings und ebenfalls möglichst unmittelbar nach Beendigung des Hörtrainings mit der Testbatterie überprüft. Aufgrund von Ferien, Ausfällen wegen Krankheiten, höherer Gewalt, besonderen Anlässen in den Gruppen bzw. Einrichtungen, kam es immer wieder zu Terminverschiebungen, sodass der vorgesehene Abstand zwischen der Prä- und Posttestung nicht immer eingehalten werden konnte. In einer Einrichtung konnte weder die vorgesehene Zeit des Hörtrainings noch der Beobach-

tungszeitraum eingehalten werden. Die Ergebnisse der drei Kinder aus diesem Kindergarten wurden daher für die Studie nicht erfasst.

10.1 Auswahl der Kinder

Das Durchschnittsalter aller teilnehmenden Kinder lag zum Zeitpunkt der Prätistung bei 4; 11 Jahren, Standardabweichung 7.2 Monate. Der sozioökonomische Hintergrund der Elternhäuser spielte bei der Auswahl keine Rolle. Die Vorauswahl wurde nach den unten aufgeführten Kriterien durch die Erzieherinnen getroffen. Es wurden Kinder ausgesucht, die aufgrund der Vorgespräche als ihre „Sorgenkinder“ betrachtet werden können, und zwar Kinder, die

- offensichtlich schlecht zuhören können,
- sich Dinge schwer merken können,
- leicht ablenkbar sind,
- geräuschempfindlich sind und
- deren Sprache schlecht verständlich ist.

Es genügte, wenn nur einer dieser Punkte zutreffend war.

Von der Studie ausgeschlossen wurden Kinder

- mit einer (diagnostizierten) geistigen Behinderung
- die traumatisiert sind,
- mit Hörgeräteversorgung,
- die die Laute /k/ und /g/ konsequent mit /t/ bzw. /d/ ersetzen und bei denen die Laute /k/ und /g/ auch nicht stimulierbar sind. Dieses wurde durch Nachsprechübungen überprüft.
- Kinder mit einer akuten Erkältung, die die Hörfähigkeit beeinträchtigt, wie Schnupfen und Ohrkrankheiten.

An der Studie teilgenommen haben Kinder, die aufgrund der Ergebnisse in den Aufgaben der verwendeten Testbatterie als Risikokinder eingestuft wurden.

Den Eltern wurde die Studie möglichst transparent gemacht. Sie wurden mit einem Elternbrief über die Untersuchung informiert. In zwei Kindertagesstätten wurde ein Elternabend zu dem Thema auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen für die interessierten Eltern durch die Untersucherin und Autorin abgehalten. In den anderen wurden die Eltern durch die jeweiligen Erzieherinnen der betroffenen Kinder direkt informiert. Sie waren vorher von der Untersucherin geschult worden und daher bereits mit dem Hörtraining vertraut. Den Eltern wurde die Anonymisierung der erhobenen Daten zugesichert. Nur Kinder, deren Eltern eine Einverständniserklärung unterschrieben hatten,

wurden getestet und haben bei Auffälligkeit (s.u.) an der Studie teilgenommen. Kinder der Hörtrainingsgruppe haben danach das Hörtraining absolviert. Kinder der beiden Kontrollgruppen haben nach der Kontrollphase ein Hörtraining in ihrem Kindergarten oder zuhause absolviert. Den Eltern wurden sämtliche Testergebnisse entweder durch die Untersucherin oder die von ihr geschulten Erzieherinnen sowohl mündlich erläutert als auch schriftlich mitgeteilt.

Aus der Gruppe der 141 Kinder, die von den Erzieherinnen vorgestellt worden waren, und deren Eltern eine Einverständniserklärung abgegeben hatten, wurden diejenigen für die Studie ausgesucht, die in der Prätestung im TROG-D ein sehr schwaches Ergebnis erzielten (siehe Abschnitt 10.3.1). Es traf für 120 Kinder zu. Diese Kinder wurden mit dem HASE (Heidelberger auditives Screening in der Einschulungsuntersuchung) überprüft (siehe Abschnitt 10.3.2; Abb. 8). Einsprachige Kinder, die hier in mindestens einer Aufgabe und mehrsprachige Kinder, die in mindestens zwei Aufgaben im Risikobereich lagen, wurden für die Studie ausgesucht.

Schließlich blieben von den vorgestellten Kindern insgesamt 92 Kinder übrig, die allen Kriterien entsprachen und deren Testdaten ausgewertet wurden. Es stellte sich u.a. heraus, dass bei Kindern, die ausschließlich als geräuschempfindlich bezeichnet wurden, die anderen Auswahlkriterien (s.o.) nicht zutrafen. Die Geräuschempfindlichkeit wurde mit dem Lautunterscheidungstest mit Störgeräusch von der AUDIVA Test-CD festgestellt (siehe Abschnitte 10.3.3 und 10.4). Die geräuschempfindlichen Kinder schienen eine eigene Gruppe darzustellen. Ferner gab es Ausfälle, weil die Kriterien für die regelmäßige Teilnahme am Hörtraining bzw. für die Dauer des Trainingsangebots durch einen Kindergarten nicht eingehalten werden konnten.⁹

Wie eingangs bereits geschildert wurde, nahm die Datenerfassung über 3 Jahre in Anspruch. Die Auswahlkriterien für die jeweilige Gruppenzugehörigkeit blieben unverändert. Immer neue Kinder absolvierten das Hörtraining. Ab der Prätestung vor der Zeit des Hörtrainings bis zur Posttestung danach werden sie der Hörtrainingsgruppe (HG) zugeordnet. Die Gruppengrößen der zwei Kontrollgruppen ergaben ebenfalls erst im Laufe der 3 Jahre. Die Auswahlkriterien für die Teilnahme waren dieselben wie bei der Experimentalgruppe. Die Gruppen wurden nach Alter und Geschlecht mit der Hörtrainingsgruppe parallelisiert. Alle Teilnehmer waren anhand der Ergebnisse aus dem TROG-D und HASE als Risikokinder eingestuft worden.

Die Kinder, die zu der ersten Kontrollgruppe gezählt werden, waren s.g. Regelkinder ohne diagnostizierte Entwicklungsauffälligkeiten. Sie werden im weiteren Verlauf als die Wartekontrollkontrollgruppe (WG) bezeichnet. Diese Kinder haben während der Beobachtungszeit an keinen pädagogischen oder therapeutischen Maßnahmen teilgenommen, sondern haben den üblichen Gruppenalltag

⁹ In einem Kindergarten fand das Training sehr unregelmäßig statt. Es wurde durch die Sommerferien unterbrochen und danach wieder fortgesetzt.

erlebt¹⁰. Die Kinder, die der zweiten Kontrollgruppe zugeordnet wurden, wurden nach der Prätestung und vor der Posttestung in Kleingruppen in einem zeitlich dem Hörtraining vergleichbaren Rahmen pädagogisch gefördert. Die zweite Kontrollgruppe wird hier die pädagogische Fördergruppe genannt (PFG). In drei Einrichtungen gab es ausschließlich Kontrollgruppen. Die Entscheidung, in welcher Funktion und ob überhaupt die Einrichtungen an der Studie teilnahmen, hing von der Motivation der Mitarbeiter und den Ressourcen der Kindergärten ab. 30 Kinder haben ausschließlich als Probanden der Hörtrainingsgruppe, 22 Kinder ausschließlich in der Wartegruppe und 17 ausschließlich in der pädagogischen Fördergruppe an der Studie teilgenommen. 23 Kinder wurden über einen längeren Zeitraum beobachtet und kamen in mehr als nur einer Gruppe vor. In solchen Fällen wurde die Posttestung in einer Gruppe als die Prätestung für die nächste Gruppe gewertet (vgl. Tabelle 12).

Bei Kindern mit einem mehrsprachigen Hintergrund wurde zusätzlich berücksichtigt, dass das Testergebnis beim TROG-D sowie die Satzproduktion beim HASE aufgrund von mangelnden Deutschkenntnissen im Risikobereich liegen können. Daher musste noch eine weitere Aufgabe beim HASE im Risikobereich liegen, damit das Kind an der Studie teilnehmen konnte.

Tabelle 5

Verteilung von Kindern mit mehrsprachigem Hintergrund.

Gruppe	n
Hörtrainingsgruppe	5
Wartekontrollgruppe	5
Pädagogische Fördergruppe	4
Insgesamt	14

¹⁰ „Regelkinder“ werden entweder in Regelgruppen oder Integrationsgruppen betreut. In Niedersachsen besteht eine „Regelgruppe“ aus max. 25 Kindern, die von zwei Erzieherinnen betreut werden. Eine „Integrationsgruppe“ besteht aus max. 20 Kindern, unter ihnen max. vier mit „heilpädagogischem Förderbedarf“ nach dem Sozialgesetzbuch XII. Sie werden von drei Erzieherinnen betreut.

Tabelle 6

Verteilung von Kindern mit heilpädagogischem Förderbedarf.

Gruppe	n
Hörtrainingsgruppe	8
Pädagogische Fördergruppe	7
Insgesamt	15

10.1.1 Die Hörtrainingsgruppe

Die Entscheidung, ob eine Einrichtung die Durchführung eines Hörtrainings gewährleisten konnte, blieb dem pädagogischen Team überlassen. Die Kinder, die der Experimentalgruppe zugeordnet wurden, sollten keine Sprachtherapie während des Hörtrainings erhalten. Dabei verließ man sich auf die Angaben der Eltern und der Erzieherinnen. Integrationskinder, also Kinder mit besonderem Förderbedarf, erhielten jedoch ihre heilpädagogische Förderung. Die Teilnehmerzahl der Hörtrainingsgruppe setzte sich erst nach und nach zusammen (s.o.). Alle Kinder, die das Hörtraining im Laufe der Studie absolvierten, werden einheitlich als die Hörtrainingsgruppe bezeichnet, obwohl sie zu unterschiedlichen Zeiten und in unterschiedlichen Kindertagesstätten am Training teilnahmen. Im Laufe der Untersuchung (3 Jahre, 4 Monate) wurden die Ergebnisse von insgesamt 48 Probanden, die das Hörtraining absolviert hatten, ausgewertet. Sie werden im weiteren Verlauf in ihrer Gesamtheit als Hörtrainingsgruppe (HG) bezeichnet. Obwohl der Umfang und der Zeitraum des Hörtrainings in allen Teilgruppen vergleichbar waren, gab es aus unterschiedlichen Gründen Probleme, die Posttestung in einigen Einrichtungen bzw. bei einigen Kindern zeitnah, d.h. eine bis zwei Wochen nach Abschluss des Hörtrainings durchzuführen. Daher wurde die Hörtrainingsgruppe für die Auswertung der Ergebnisse in zwei Untergruppen eingeteilt (HG₁ und HG₂, siehe Abschnitt 11.3). Das Alter der Kinder der gesamten Hörtrainingsgruppe bei der Prätestung und ihr Geschlecht werden aus Tabelle 7 ersichtlich:

Tabelle 7

Verteilung nach Alter und Geschlecht in der Hörtrainingsgruppe.

	4 Jahre	5 Jahre	6 Jahre
Männlich	19	9	2
Weiblich	8	8	2
Gesamtzahl: n = 48	27	17	4

Anmerkungen. Das Durchschnittsalter lag zum Zeitpunkt der ersten Testung bei 4; 11 Jahren (SD = 7.2 Monate). Das jüngste Kind war 4; 1, das älteste Kind 6; 5 Jahre alt.

Die Kinder der Hörtrainingsgruppe haben möglichst zeitnah nach der ersten Testung in ihren Einrichtungen ein Hörwahrnehmungstraining nach dem AUDIVA-Verfahren mit technisch veränderter Musik (siehe Abschnitt 7.3 und Anhang A) begonnen. Sie haben in einem Nebenraum der Einrichtung unter der Begleitung einer erwachsenen Person mit Kopfhörern in Gruppen von 3 bis zu 10 Kindern dreimal in der Woche 12 Wochen lang Musik gehört. Eine Sitzung dauerte jeweils 30 Minuten. Die Teilnahme der Kinder, ihr Verhalten und die Art der Beschäftigung wurden möglichst genau protokolliert. Die Testdaten der Kinder wurden nur erfasst, wenn sie mindestens 24 Mal am Hörtraining teilnahmen. Teilnehmer aus Kindertagesstätten, denen das Hörtraining in der Studie zugewiesen wurde, hatten ein solches vor der Studie noch nie absolviert. Die Kinder konnten während des Musikhörens einer stillen Beschäftigung nachgehen. Die begleitende Person wurde von der Einrichtung gewählt und von der Untersucherin geschult. Darunter fanden sich Erzieherinnen, Praktikanten oder Zivildienstleistende. Das Hörtraining nach dem AUDIVA-Verfahren wird im Abschnitt 10.5 und im Anhang A näher beschrieben.

10.1.2 Die Kontrollgruppen

Beide Kontrollgruppen waren nach den gleichen Kriterien wie die Kinder der Hörtrainingsgruppe ausgewählt worden, mit dem Unterschied, dass sie gegebenenfalls in logopädischer Behandlung waren. Dies wurde jedoch nicht ausdrücklich protokolliert. Alle Kinder der beiden Kontrollgruppen wurden wie die Kinder der Hörtrainingsgruppe zu unterschiedlichen Zeiten und in unterschiedlichen Kindertagesstätten beobachtet.

Der Beobachtungszeitraum der Kinder der Kontrollgruppen zwischen der Vor- und Nachttestung sollte im Durchschnitt dem der Hörtrainingsgruppe entsprechen (s.o.). Dabei mussten immer wie bei den

Probanden der Experimentalgruppe, die jeweiligen Gegebenheiten in den Einrichtungen wie Ferientage, Ausfälle durch Krankheiten, besondere Anlässe und Tagesabläufe berücksichtigt werden.

Das Ziel war immer, jedem Kind spätestens nach der Teilnahme an der Studie die Möglichkeit zu geben, ein Hörtraining zu absolvieren. Wenn es in der Einrichtung nicht möglich war, wurden die Eltern angeleitet, ein Hörtraining zuhause mit dem Basisprogramm der Johansen-Methode mit ihren Kindern durchzuführen (siehe Abschnitt 7.4). Die notwendige Ausstattung wurde den Familien kostenfrei zur Verfügung gestellt. Dieser Fall traf für 23 Kinder zu. Die Evaluation dieses Hörtrainings ist jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit.

10.1.2.1 Wartekontrollgruppe

Die erste Kontrollgruppe hatte während des Beobachtungszeitraums keine besondere Intervention, sondern die Kinder haben am normalen Gruppenalltag in ihrem Kindergarten teilgenommen. Die Wartekontrollgruppe bestand aus 37 s.g. Regelkindern (siehe Fußnote 4). Das Alter bei der Prätestung und die Geschlechterverteilung gehen aus der Tabelle 8 hervor:

Tabelle 8

Verteilung nach Alter und Geschlecht in der Wartekontrollgruppe.

	4 Jahre	5 Jahre	6 Jahre
Männlich	11	11	1
Weiblich	8	6	
Gesamtzahl: n = 37	19	17	1

Anmerkungen. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der ersten Testung lag wie bei der Experimentalgruppe bei 4; 11 Jahren (Standardabweichung 6.8 Monate). Das jüngste Kind war 3; 11 und das älteste 5; 11 Jahre alt.

10.1.2.2 Pädagogische Fördergruppe

Die zweite Kontrollgruppe bestand aus Kindern, die den gleichen Auswahlkriterien entsprachen, wie die Kinder der Experimentalgruppe (Hörtrainingsgruppe). Die Kinder der zweiten Kontrollgruppe haben ca. 12 Wochen an einer unspezifischen Intervention teilgenommen, oder ihnen wurde eine För-

derung mit vergleichbarer Intensität zuteil (siehe Tabelle 10). Es war sehr mühsam, diese Gruppe zusammenzustellen, da es in den Einrichtungen aufgrund organisatorischer, räumlicher und personeller Rahmenbedingungen Probleme gab, Kleingruppen mit einer zusätzlichen speziellen Förderung einzurichten. Ein weiteres Problem lag darin, geeignete freiwillige Helfer von außen zu finden, die in der Lage und bereit waren, eine solche Aufgabe über einen längeren Zeitraum unentgeltlich durchzuführen.

Nach der unspezifischen Intervention wurden die Kinder mit der Testbatterie erneut überprüft und sie haben entweder als Teilnehmer der Experimentalgruppe (s.o.) in ihren Einrichtungen am Hörtraining teilgenommen oder zuhause ein Hörtraining durchgeführt (siehe Abschnitt 7.4). Das Durchschnittsalter der pädagogischen Fördergruppe zum Zeitpunkt der Prätistung betrug 4; 10 Jahre (SD = 8.5 Monate). Das jüngste Kind war zum ersten Messzeitpunkt 3; 11 und das älteste 6; 6 Jahre alt. Auch diese Probandengruppe setzte sich erst nach und nach zusammen. Die Verteilung nach Alter und Geschlecht bei der Prätistung gehen aus der Tabelle 9 hervor.

Tabelle 9

Verteilung nach Alter und Geschlecht in der pädagogischen Fördergruppe.

	4 Jahre	5 Jahre	6 Jahre
Männlich	13	7	1
Weiblich	5	4	1
Gesamtzahl: n = 31	18	11	2

Anmerkungen. Das Durchschnittsalter der Probanden bei Prä-Testung war 4; 10 Jahre (SD = 8.5 Monate). Das jüngste Kind war 3; 11 und das älteste 6; 6 Jahre alt.

Mit neun Kindern der pädagogischen Fördergruppe sollte überprüft werden, ob eine messbare Wirkung beim Hören klassischer Musik feststellbar ist. Alle Kinder stammten aus einem Regelkindergarten in Delmenhorst. Sie sind nach der Prätistung unter der Leitung von zwei freiwilligen Erwachsenen dreimal in der Woche jeweils 30 min diversen altersüblichen Beschäftigungen am Tisch nachgegangen. Die Förderung fand in einem abgeschlossenen Nebenraum während der Betreuungszeit statt und dauerte insgesamt 12 Wochen. Der zeitliche Umfang entsprach somit dem des Hörtrainings. Die Gruppengröße umfasste vier bis sechs Kinder. Vier Kinder im Alter von 5 bis 6 Jahren haben vorwiegend Aufgaben gelöst, die inhaltlich der Schulvorbereitung zugeordnet werden, wie beispielweise stille Übungen zur optischen Differenzierung und Sequenzierung, sowie zum Mengenverständnis oder Reimwort- und Anlauterkennung. Während ihrer Beschäftigung wurde die gleiche Musikaus-

wahl über Kopfhörer abgespielt, die zum Hörtraining der Experimentalgruppe gehört. Die Kinder sollten mindestens 24 Mal an der Maßnahme teilgenommen haben. Zu einer weiteren Teilgruppe der pädagogischen Fördergruppe gehörten 10 Kinder eines Kindergartens in Delmenhorst, in dem alle Kinder täglich während der Betreuungszeit an einer Arbeitsgruppe in Kleingruppen teilnehmen. Auch hier sollten die Kinder mindestens 24 Mal an den Maßnahmen teilgenommen haben, damit die Daten erfasst wurden. Drei Integrationskinder (nach SGB XII) aus dieser Kindertagesstätte haben täglich in ihrer Gruppe etwa 15 min gesungen und darüber hinaus noch an den Arbeitsgruppen teilgenommen. Ein vierjähriger Junge einer Regelgruppe aus demselben Kindergarten wurde über 26 Wochen beobachtet und dreimal mit der Testbatterie getestet, weil ein Elterngespräch zur Anleitung des häuslichen Hörtrainings mit der Mutter aus verschiedenen Gründen immer wieder verschoben werden musste. Vier weitere Teilnehmer der pädagogischen Fördergruppe besuchten aufgrund einer Entwicklungsverzögerung unbekannter Genese als Integrationskinder (nach SGB XII) den Kindergarten, denen während der Betreuungszeiten eine intensive Förderung von etwa 30 min, mindestens dreimal in der Woche, in Kleingruppen zukam.

Drei weitere Kinder nahmen in ihrem Kindergarten am Projekt „Kleine Forscher“ teil. Sie hatten täglich Kleingruppenarbeit im Umfang von ca. 20 bis 30 min. Ein Kind hatte auf Wunsch der Eltern zweimal in der Woche Sprachtherapie und einmal in der Woche vorschulische Förderung durch die Förderlehrerin der benachbarten Grundschule. Das Kind wurde in einem Zeitraum von 28 Wochen beobachtet und dreimal getestet. Daher wurden seine Daten zweimal erfasst. Ein Kind war während des Beobachtungszeitraums 6 Wochen lang in einer Mutter–und–Kind–Kur mit einer intensiven ganzheitlichen Förderung. Ein Kind befand sich 4 Wochen lang in einer stationären sprachtherapeutischen Maßnahme. Tabelle 10 stellt die Anzahl der Probanden und die Art der Beschäftigung der pädagogischen Fördergruppe dar.

Tabelle 10

Zahl der Probanden und Art der pädagogischen Intervention der pädagogischen Fördergruppe.

Anzahl der Probanden	Art der Intervention	Zeitlicher Aufwand in der Woche
9	Diverse Angebote am Tisch unter der Leitung von 2 freiwilligen Erwachsenen in einer Gruppe von 4-6 Kindern. Musik von Mozart, Bach, Vivaldi über Raumlautsprecher (dieselbe Musikauswahl wie im Hörtraining)	12 Wochen, 3 x 30 min.
11	Arbeitsgruppe in Gruppen von 4-6 Kindern, darunter 3 Kinder, die zusätzlich täglich singen.	12 Wochen, 5 x 30 min.
2	Sprachtherapie (2x) und vorschulische Sprachförderung (1x) durch eine Förderschullehrerin der Grundschule	12 Wochen, 2 x 45 min, 1 x 30 min.
4	Heilpädagogische Förderung in Gruppen von 4 bis 5 Kindern	12 Wochen, 3 bis 4 Mal, 30 min.
3	Teilnehmer des Projekts „Kleine Forscher“, Intensive Gruppenarbeit mit einer Erzieherin und mit 4 bis 5 Kindern	12 Wochen, 4 bis 5 Mal, 20-30 min.
1	Stationäre sprachtherapeutische Intensivmaßnahme Einzel- und Gruppentherapie	4 Wochen 5 x 3-4 Stunden
1	Mutter-und-Kind-Kur Intensive Förderung in Kleingruppen	4 Wochen, 5 x 3-4 Stunden

Gesamtzahl: n = 31

Anmerkungen. Bei der Auswahl wurden Fördermaßnahmen berücksichtigt, die in der Intensität dem Hörtraining vergleichbar und den pädagogischen Angeboten s.g. Regelkinder überlegen waren.

10.2 Einrichtungen

Nach einer mühsamen Suche nach Studienteilnehmern wurde das Hörwahrnehmungstraining nach dem AUDIVA-Verfahren in insgesamt sieben Einrichtungen durchgeführt, nachdem diese sich dazu bereit erklärt hatten. Alle Einrichtungen befinden sich in ländlichen Zentren im Bremer Umland. In einer dieser Einrichtungen konnte der vorgegebene Trainingsplan in Bezug auf Frequenz und Dauer nicht eingehalten werden. Daher wurden die Daten der teilnehmenden Kinder nicht berücksichtigt.

Drei Einrichtungen besaßen bereits die notwendige technische Ausstattung für das Hörtraining. Nur zwei Einrichtungen hatten bislang damit Erfahrungen gesammelt. Den anderen teilnehmenden Tagesstätten wurde sie kostenfrei zur Verfügung gestellt. Den Eltern sind keinerlei zusätzliche Kosten entstanden.

Zwei Einrichtungen haben ausschließlich das Hörtraining durchgeführt. In vier Einrichtungen wurde das Hörtraining durchgeführt und während der Wartezeit auf das Hörtraining Kinder für die Kontrollgruppen bereitgestellt. In zwei dieser Einrichtungen befanden sich sowohl Probanden für die Wartekontrollgruppe als auch für die pädagogische Fördergruppe. In zwei Einrichtungen gab es ausschließlich eine Wartekontrollgruppe und in einer Kindertagesstätte ausschließlich eine pädagogische Fördergruppe, da sie aus räumlichen bzw. personellen Gründen keine Möglichkeit sahen, das Hörtraining durchzuführen. Zwei Kindergärten aus dem Landkreis Osterholz blieben der Studie von Anfang bis zum Ende treu.

10.3 Testbatterie

Bei der Auswahl der Testbatterie wurde darauf geachtet, dass sie möglichst zeitökonomisch und dennoch aussagekräftig in Bezug auf die rezeptiven und produktiven sprachlichen Leistungen der Kinder ist. Dabei musste berücksichtigt werden, dass die gesamte Studie von einer einzigen Person nebenberuflich zu bewältigen war. Darüber hinaus sollte die Testbatterie mobil einsetzbar sein, da die besuchten Kindertagesstätten weit voneinander und vergleichsweise weit vom Standort der Untersucherin entfernt lagen. Des Weiteren wurde auf eine möglichst kindgerechte Durchführung geachtet. Die Testsituation wurde in eine Geschichte eingebettet, um die Scheu der Kinder vor einer fremden Erwachsenen zu nehmen. Alle Kinder wurden durch die Untersucherin persönlich getestet. Ein wichtiger Faktor für die Zeitökonomie war der Umstand, dass das Zeitfenster für eine störungsfreie Umgebung in einigen Einrichtungen sehr begrenzt war, was mit den baulichen Voraussetzungen, dem Tagesablauf und den zum Teil kurzen Betreuungszeiten zusammenhängt

Die Testbatterie umfasste folgende Verfahren:

- Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses TROG-D (Fox, 2009),
- Heidelberger auditives Screening in der Einschulungsuntersuchung (Schöler & Brunner, 2008),
- einige Aufgaben aus der AUDIVA-Test-CD zur Überprüfung der auditiven Funktionen, Version TU03A-2003 (AUDIVA).

Mit dem ersten Test sollten die Kinder mit einer schwachen Sprachverständnisleistung herausgefiltert werden. Aus der Annahme heraus, dass ein schlechtes Sprachverständnis mit einem eingeschränkten auditiven Arbeitsgedächtnis zusammenhängen könnte, wurde bei den Kindern mit einer sehr schwachen Leistung im Sprachverständnistest das Heidelberger auditive Screening zur Überprüfung des auditiven Arbeitsgedächtnisses durchgeführt.

Bezugnehmend auf die Annahme von Hasselhorn et al. (2000), dass die Präzision der phonologischen Schleifenkomponente für die Speicherkapazität des Arbeitsgedächtnisses eine Rolle spielt (siehe Abschnitt 3.2), wurden einige Aufgaben aus der AUDIVA-Test-CD zur Überprüfung der auditiven Funktionen durchgeführt. Es wurde zum Einen die Lautdiskriminationsfähigkeit und zum Anderen das Hochtönenverstehen getestet, da angesichts der Relevanz der Formanten für die Lautunterscheidung, die sich im Hochtönenbereich befinden, ein Zusammenhang zwischen diesen Fähigkeiten vermutet wurde (siehe Abschnitt 5.1.2).

10.3.1 Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses

Der TROG-D, Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses (Fox, 2009), ist ein rezeptiver Sprachtest. Er untersucht das Verständnis für die grammatischen Strukturen der deutschen Sprache, die durch Flexion, Funktionswörter und Wortanordnung im Satz markiert werden. Der Test ermöglicht sowohl eine quantitative als auch eine qualitative Analyse des Sprachverständnisses.

Das Testverfahren beinhaltet insgesamt 84 Items. Auf jeder Seite sind vier Abbildungen mit je drei Bildern, die in Bezug auf Grammatik bzw. Lexikon minimal von dem jeweiligen Zielsatz abweichen. Die Sätze bestehen aus Wörtern und Sätzen mit einem reduzierten Vokabular aus Substantiven, Verben, Adjektiven und Präpositionen. Dem Kind wird eine Seite mit vier Abbildungen gezeigt und ein Satz vorgesprochen, und es soll nach einer kurzen Pause auf das passende Bild zeigen. Jede grammatische Struktur wird mithilfe eines Testblocks von je vier Testsätzen und insgesamt 16 Bildern überprüft. Ein Block gilt nur dann als korrekt beantwortet, wenn alle vier Testsätze eines Blocks dem jeweils passenden Bild zugeordnet werden. Die Blöcke sind hierarchisch nach Schwierigkeitsgrad, entsprechend der Chronologie der Sprachentwicklung, angeordnet. Der Test eignet sich zum Kennenlernen, da das Kind nur auf Bilder zeigen soll.

Der TROG-D ist an 870 einsprachig Deutsch als Muttersprache sprechenden Kindern im Alter von 3; 0 - 10; 11 normiert worden. Der untere Grenzwert für ein Risikokind wurde für die Studie festgelegt. Er lag für diese Studie für

4-jährige Kinder \leq Prozentrang 18 bzw. T-Wert \leq 41

5-jährige Kinder \leq Prozentrang 15 bzw. T-Wert \leq 40

6-jährige Kinder \leq Prozentrang 13 bzw. T-Wert \leq 39.

Nach dem Testmanual gelten hier T-Werte unter 40 Punkten als unterdurchschnittliche Leistung. In Bezug auf die zu untersuchende Probandengruppe gibt es in der Normierungstabelle jedoch den T-Wert 40 lediglich für die Altersgruppe 5; 0-5,11. Für die Altersgruppen 4; 0-4; 11 liegt der T-Wert unterhalb von 40 bei 38. Demnach handelt es sich bei einem T-Wert von 41 um eine noch durchschnittliche Leistung. Im Testmanual ist der Hinweis zu lesen, dass der TROG-D wenig Auskunft über das Sprachverständnis eines Kindes im Alltag gibt. Für die Studie wurden Kinder ausgesucht, die im Kindergartenalltag dadurch auffallen, dass sie Sprache schlecht verstehen. Bei dem T-Wert von 41 für die Altersstufe 4; 0-4; 11 handelt es sich um einen Richtwert an der unteren Grenze der Norm. Darüber hinaus gibt es keine Abstufungen, sondern der T-Wert gilt für ein ganzes Lebensjahr unabhängig davon, ob das Kind gerade vier Jahre alt geworden ist oder demnächst seinen fünften Geburtstag feiert.

Alle von den Erzieherinnen vorgestellten 141 Kinder wurden zuerst mit dem TROG-D überprüft. Haben sie den festgelegten Risikowert unterschritten, wurde mit ihnen das Heidelberger auditive Screening durchgeführt. Aufgrund von Terminproblemen mit manchen Einrichtungen und wegen eines engen Zeitfensters für eine störungsfreie Umgebung, wurde im Laufe der Studie auf die Post-Testung mit dem TROG-D verzichtet (siehe Abschnitt 10.4). Die Ergebnisse aus dem Sprachverständnistest dienten als das erste Auswahlkriterium für die Studienteilnahme.

10.3.2 Heidelberger auditives Screening in der Einschulungsuntersuchung

Aus der Annahme heraus, dass ein ungenügendes Sprachverständnis mit einem eingeschränkten auditiven Gedächtnis zusammenhängen könnte, wurde bei den Kindern mit einer sehr schwachen Leistung im Sprachverständnistest das Heidelberger auditive Screening durchgeführt, um bei ihnen das auditive Arbeitsgedächtnis zu überprüfen. Das Heidelberger auditive Screening in der Einschulungsuntersuchung (HASE) ist für das Alter 4; 6 - 6; 11 normiert und wird mit einem CD-Player oder am Computer durchgeführt. Das Screening gibt Aufschluss über Sprachverstehen und -produktion sowie das auditive Arbeitsgedächtnis. Das Sprachverstehen wird mit Nachsprechaufgaben überprüft. Diese haben sich in mehreren Studien als diskriminativ valide im Bereich der Spracherwerbsauffälligkeiten erwiesen (Schöler, 1985, zit. nach Schöler & Brunner, 2008). Eine korrekte Reproduktion eines

Satzes erfordert die korrekte grammatische und semantische Verarbeitung desselben. Diese Fähigkeit kann daher nach Schöler und Brunner (2008) mit Sprachverständnis gleichgesetzt werden. Darüber hinaus ist beim Nachsprechen immer auch das auditive Arbeitsgedächtnis involviert (Schöler & Brunner, 2008). Die Bedeutung des auditiven Arbeitsspeichers für den Lese-Rechtschreibprozess und die Sprachentwicklung wurden in den vorherigen Kapiteln bereits dargestellt. HASE beinhaltet zwei Indikatoren für die auditive Verarbeitung im Arbeitsgedächtnis: *Wiedergeben von Zahlenfolgen* und *Nachsprechen von Kunstwörtern*.

Die Aufgabe *Wiederholen von Zahlenfolgen* erfasst die auditiv-serielle sprachunspezifische Kurzzeitgedächtnisleistung. Das Reproduzieren von Zahlenfolgen gilt als valider Indikator für die Kapazität der phonologischen Schleife des Arbeitsgedächtnisses. Die nachzusprechenden Zahlen sind alle einsilbig, d.h. es wird auf die Zahl „sieben“ verzichtet, aber stattdessen die „zehn“ verwendet. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die Silbenzahl einen bedeutenden Einfluss auf die Leistung des Arbeitsgedächtnisses ausübt (Schöler & Brunner, 2008).

Mit der Aufgabe *Nachsprechen von Kunstwörtern* wird die auditive sprachgebundene Verarbeitungskapazität durch das unmittelbare Reproduzieren von Kunstwörtern überprüft. Bei Kunstwörtern kann nicht umfassend auf das Langzeitgedächtnis zurückgegriffen werden, um die Lautstruktur zu rekonstruieren. Damit wird sowohl die Kapazität des phonemischen Speichers als auch seine Verarbeitungsgenauigkeit überprüft (Schöler & Brunner, 2008). Der für diese Überprüfung häufig eingesetzte Mottier-Test von Linder und Grissemann (1968) weist nach Schöler und Brunner (2008) beträchtliche konzeptionelle Schwächen auf. Einerseits übersteigt der Itemumfang von 30 Wörtern die Kriterien der Ökonomie. Andererseits variieren die Häufigkeit der Konsonant-Vokal-Folgen und die Position der Vokale über die In- und Auslautpositionen nicht systematisch. Im HASE sind neun Kunstwörter enthalten, die diesen Kriterien entsprechen, sowie das zusätzliche Zauberwort „Abrakadabra“. Bei diesem Wort wird die komplexe artikulomotorische Leistung überprüft, die beim inneren Sprechen während des lautgetreuen Schreibens eine wichtige Rolle spielt (Brunner et al., 1998, zit. nach Schöler & Brunner, 2008).

Das Erkennen des Wortstammes (Morphem) erleichtert dem Kind beim Lese-Rechtschreiberwerb von einem schriftlich bekannten Wort auf ein unbekanntes, aber dem gleichen Wortstamm angehörendes Wort zu schließen. Es setzt die semantische Strukturierung der Sprache voraus (Schöler & Brunner 2008). Auf die Durchführung der Aufgabe *Erkennen von Wortfamilien* wurde in dieser Studie dennoch verzichtet, da sie für Kinder erst ab 5 Jahren vorgesehen ist und ein Großteil der teilnehmenden Kinder jünger als 5 Jahre alt war, bzw. während der Beobachtungsphase erst das Alter erreichte.

Für die Bestimmung der Normwerte des Heidelberger auditiven Screenings liegen die Daten von 48006 einsprachigen Kindern mit Deutsch als Muttersprache im Alter zwischen 4; 6 und 6; 11 aus den

Einschulungsuntersuchungen in Baden-Württemberg in den Jahren 2004 bis 2006 vor (Schöler & Brunner, 2008).

Die Aufgaben werden von einer Frauenstimme gesprochen. Die standardisierte Vorgabe der Aufgaben setzt das Abspielen der CD mit einem Computer oder einem Abspielgerät voraus. Für die Lautstärke oder Pausenlänge zwischen den einzelnen Aufgaben gibt es keine Vorgabe im Testmanual. Die Lautstärke war vorher am CD-Abspielgerät auf ca. 65 dB nach der Anleitung im Testmanual der AUDA-Test-CD (siehe 10.3.3) eingestellt worden. Diese Lautstärke wurde als Bezugslautstärke für den tragbaren Computer benutzt, die dann fest eingestellt wurde¹¹. Die Lautstärke blieb für die gesamte Zeit der Befunderhebung der Studie und für alle getesteten Kinder an beiden Geräten fest eingestellt. Bei der Durchführung mit dem Computer wird erst nach der Antwort des Kindes auf „OK“ oder „Fehler“ gedrückt. Erst nach der Eingabe von „weiter“ wird das nächste Item von der CD abgespielt. Bei der Durchführung mit dem CD-Abspielgerät wurde auf die Pausentaste gedrückt, damit das Kind in Ruhe antworten konnte. Erst nach seiner Antwort wurde weitergemacht. Es gibt keine zeitliche Vorgabe für die Antwort des Kindes (s.o.).

Nachsprechen von Sätzen (NS): Das Kind soll 10 Sätze mit steigender Komplexität nachsprechen, wobei zwei Sätze zu einer Kategorie gehören: Die Aufgabe beginnt mit Zweiwortsätzen, bestehend aus Subjekt und Prädikat. Die nächste Kategorie sind kurze Passivkonstruktionen, wie „Das Hemd wird gebügelt“. Die nächste Kategorie enthält neben Subjekt, Prädikat und Objekt eine Präpositionalphrase. Darauf folgen zwei Sätze mit je einem Dativ- und Akkusativobjekt. Die letzte Stufe enthält Sätze mit zwei Präpositionalphrasen. Eine Kategorie gilt als gelöst und mit zwei Punkten bewertet, wenn das Kind den ersten Satz der Kategorie korrekt nachgesprochen hat. Nur wenn das Kind den ersten Satz einer Kategorie falsch nachgesprochen hat, wird der zweite vorgespielt. Die maximale Punktzahl pro Kategorie sind zwei Punkte. Es wird ein Punkt vergeben, wenn das Kind nur den zweiten Satz der Kategorie korrekt wiedergibt. Ausspracheprobleme und dialektbedingte Abweichungen werden nicht als falsch bewertet. Die Aufgabe wird abgebrochen, wenn das Kind viermal hintereinander einen Satz falsch nachspricht. Der maximale Punktwert beträgt 10. Die Grenzen für Risikokinder gehen aus der Tabelle 11 hervor.

Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ): Zehn Zahlenfolgen mit einsilbigen Ziffern: 2 x 2 Ziffern, 2 x 3 Ziffern, 2 x 4 Ziffern etc. Auch hier hat das Kind genügend Zeit zu reagieren, da der Test erst fortgesetzt wird, wenn das Kind geantwortet hat. Wie in der Aufgabe zuvor gilt die Kategorie als gelöst und mit zwei Punkten bewertet, wenn das Kind die erste Zahlenfolge der Kategorie korrekt wiederholt hat. Wenn das Kind nur die zweite Zahlenfolge korrekt wiedergibt, wird ein Punkt vergeben. Die Aufgabe wird abgebrochen, wenn das Kind viermal hintereinander eine Zahlenfolge falsch wieder-

¹¹ Eine spätere Überprüfung mit einem Messgerät (Beha Amprobe SM10) ergab 64 dB am Abspielgerät und 67 dB am Computer.

holt. Der maximale Punktwert ist 10, wobei der Wert erreicht wird wenn das Kind eine Zahlenfolge mit sechs Ziffern korrekt reproduziert. Die Risikogrenzen können aus Tabelle 5 entnommen werden.

Nachsprechen von Kunstwörtern (NK): Neun Kunstwörter: 3 x zwei Silben, 3 x drei Silben, 3 x vier Silben und das Zauberwort Abrakadabra. Bei dieser Aufgabe bekommt das Kind einen Punkt für jedes korrekt nachgesprochene Wort. Weil einige Kunstwörter die Laute /g/ und /k/ enthalten, wurden Kinder von der Studie ausgeschlossen, die diese Laute nicht produzieren können. Die Aufgabe wird ohne Abbruch bis zum Zauberwort durchgeführt. Der maximale Punktwert ist 10. Die Risikogrenzen für verschiedene Altersgruppen gehen aus der Tabelle 11 hervor.

Das auditive Screening wurde bis auf einige technisch bedingte Ausnahmen grundsätzlich mit einem Notebook durchgeführt. Zu Beginn der Studie im März 2010 stand kein technisch geeigneter Computer zur Verfügung. Manchmal kam es vor, dass sich der Computer „aufgehängt“ hatte, mal gab es Probleme mit der Graphikkarte, mal fehlte das Kabel, um den leeren Akku aufzuladen. In solchen Fällen wurde die Testung mit demselben Discman und den Kopfhörern wie der Test für die auditiven Funktionen (s.u.) durchgeführt. Die Dokumentation erfolgte auf dem dafür vorgesehenen Erhebungsbogen, der sich als Kopiervorlage im Anhang des Testmanuals befindet. Dieses traf im ersten Durchgang im März 2010 für die Prätestung von 13 Kindern der ersten Experimentalgruppe zu. Das Gleiche gilt für die Posttestung im Juni 2010 bei 10 Kindern der ersten Hörtrainingsgruppe. Fünf von ihnen waren Kinder mit besonderem Förderbedarf. Ihre Daten wurden für die Analyse in Abschnitt 11.4 herausgenommen. Ferner waren davon drei Kinder der Wartekontrollgruppe in der Prätestung und drei weitere Kinder in der Posttestung betroffen. Bei der Durchführung mit dem Computer ist das Ergebnis unmittelbar nach Testende abrufbar. Die kritischen Werte (\leq PR 16) bei den drei HASE-Aufgaben in Abhängigkeit vom Alter ergeben sich aus der Tabelle 11. Es ist von einem Risikowert auszugehen, wenn die Leistung unter oder auf dem Grenzwert liegt:

Tabelle 11

Die Grenzen für die Risikowerte in den HASE-Aufgaben.

Alter	4; 6 – 4; 11	5; 0 – 5; 5	5; 6 – 5; 11	6; 0 – 6, 5	6; 6 – 6; 11
NS	4	6	6	6	6
WZ	2	3	3	3	3
NK	5	6	6	6	6

Anmerkung. NS: Nachsprechen von Sätzen, WZ: Wiederholen von Zahlenfolgen, NK: Nachsprechen von Kunstwörtern. Der maximale Punktwert je Aufgabe beträgt 10.

Für Kinder, die jünger als 4; 6 Jahre alt waren, wurden die Grenzwerte „3“ für *Nachsprechen von Sätzen*, „2“ für *Wiederholen von Zahlenfolgen* und „4“ für *Nachsprechen von Kunstwörtern* festgelegt.

Alle Kinder, mit denen das Heidelberger auditive Screening durchgeführt wurde, waren bereits aufgrund ihres Sprachverständnisses als Risikokinder eingestuft worden (siehe Abschnitt 10.3.1). Als weiteres Kriterium für die Teilnahme war bereits festgelegt worden, dass sie in den HASE-Aufgaben ebenfalls mindestens einen Risikowert erzielten. Für Kinder mit einem mehrsprachigen Hintergrund wurde dieses Kriterium erweitert. Nach Erfahrungen der Untersucherin haben Kinder mit einem mehrsprachigen Hintergrund häufig Probleme, Sätze korrekt auf Deutsch nachzusprechen, obwohl sie in Aufgaben bezüglich des phonologischen Arbeitsgedächtnisses sehr gut abschneiden. Für mehrsprachige Kinder wurde daher festgelegt, dass sie in mindestens zwei Aufgaben einen Risikowert erzielen müssen, um die Teilnahmebedingungen zu erfüllen.

10.3.3 AUDIVA-Test-CD für die auditiven Funktionen

Durch die Überprüfung der auditiven Funktionen sollten weitere Erkenntnisse über die rezeptiven Fähigkeiten der Kinder gewonnen werden. Das Ergebnis der Prätestung in diesen Aufgaben spielt keine Rolle für die Teilnahmebedingungen. Aus den Ausführungen in den Abschnitten 2.4 und 6.1. geht hervor, dass hohe Frequenzen zum einen mit Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht werden. Zum anderen ist die Wahrnehmung hoher Frequenzen für die Lautdiskrimination unerlässlich, da sich die lautunterscheidenden Merkmale im Hochtonbereich befinden (siehe 5.1.2). Daher werden bei den Kindern das Hochtonverstehen und die Lautunterscheidungsfähigkeit überprüft. In der vorliegenden Studie wird ein möglicher Zusammenhang zwischen diesen beiden Kompetenzen vermutet wie auch ein möglicher Zusammenhang zur Präzision des phonologischen Arbeitsgedächtnisses.

Bei diesem Test soll das Kind die vorgedachten Wörter nachsprechen. Von der AUDIVA-Test-CD wurden folgende Untertests mit Kopfhörern durchgeführt:

- Lautunterscheidungstest 1 ohne Störgeräusch mit je 16 einsilbigen Kunstwörtern, die abwechselnd links und rechts von einer Frauenstimme dargeboten werden.
Der maximale Punktwert ist 16 je Seite.
- Hochtonverstehen: jeweils 10 von einer Frauenstimme vorgedachte Infinitive mit Vorsilbe aus dem Grundwortschatz, bei denen die Frequenzen unterhalb von
 - 4000 Hz
 - 3000 Hz
 - 2000 Hz

technisch herausgeschnitten worden sind. Das bedeutet, dass charakteristische Formanten der verwendeten Laute fehlen und das Kind das Wort rekonstruieren muss. Es handelt sich immer um dieselben Verben, die wiederholt dargeboten werden. Der maximale Punktwert ist jeweils 10.

Beim Hochtönerverstehen wird der Frequenzbereich der Wahrnehmung hoher Töne überprüft. Der Test erfolgt in absteigendem Schwierigkeitsgrad und zwar von 4000 Hz (schwierig) über 3000 Hz (mittel) bis 2000 Hz (leicht). Das bedeutet, dass die Frequenzen unterhalb dieser Grenze abgeschnitten worden sind. Durch eine „Hochpassfilterung mit 24 dB pro Oktave“ (AUDIVA) hört sich die Sprache wie eine Flüsterstimme an. Dabei ist zu beachten, dass mit dem Herausschneiden der Frequenzen auch Formanten (siehe Abschnitt 5.1.2) verschwinden, die für das Erkennen von Lauten unerlässlich sind. Bei absinkender Frequenzgrenze kommen vermehrt mittlere Frequenzen und Formanten hinzu und die Sprache wirkt gleichzeitig lauter. Der Test misst die Dynamik des Gehörs. Kinder, die starke akustische Reize brauchen, fallen bei diesem Test auf (Beschreibung der AUDIVA-Test-CD, Ausgabe 08-2005).

In dem Lautunterscheidungstest 1 geht es um die Überprüfung der selektiven Diskrimination der lautähnlichen Konsonanten b/d, d/t, g/k, f/w (vgl. Beschreibung der AUDIVA-Test-CD, Ausgabe 08-2005). Es werden auch Vokalvertauschungen beobachtet. Es werden je 16 einsilbige Kunstwörter mit der Struktur Vokal-Konsonant-Vokal von einer Frauenstimme abwechselnd in das linke und das rechte Ohr gesprochen.

In der Prätestung wurde auch der Lautunterscheidungstest 1 mit Störgeräusch eingesetzt, um Kinder herauszusuchen, die von den Erzieherinnen als geräuschempfindlich beschrieben wurden. Dabei werden 16 einsilbige Kunstwörter (s.o.) mit einem Störgeräusch maskiert, was die Wahrnehmung der Konsonanten erschwert. Das Rauschsignal ist gemäß der natürlichen Hörschwelle gefiltert, um möglichst alle Frequenzen des Hörfeldes von 100 Hz bis 120 KHz gleichmäßig anzusprechen. (Beschreibung der AUDIVA-Test-CD, Ausgabe 08-2005).

Bei der Untersuchung wurde auf folgende Kriterien geachtet: Es wurde immer derselbe Discman der Marke SONY verwendet. Die Lautstärke von ca. 65 dB wurde nach der Beschreibung im Manual für alle Kinder mit einer Markierung festgelegt. Alle Kinder verwendeten dieselben Ohr umschließenden Kopfhörer der Marke QP 160.

10.4 Prä- und Posttestung

Die Überprüfungen fanden in den jeweiligen Kindergärten während der Betreuungszeiten der Kinder in einem möglichst ruhigen Nebenraum statt. Die räumlichen Gegebenheiten waren dadurch sehr

unterschiedlich, besonders in Bezug auf Nebengeräusche. In der Testsituation mussten teilweise Pausen eingelegt werden, um eine möglichst störungsfreie Umgebung zu gewährleisten.

Die Abbildung 8 veranschaulicht das Studiendesign. Zuerst wurde bei den von den Erzieherinnen vorgestellten Kindern das Sprachverständnis überprüft (siehe Abschnitt 10.3.1). Kinder mit einem Risikowert wurden weiter mit dem Heidelberger auditiven Screening überprüft. War das Ergebnis eines Probanden im Risikobereich (siehe Abschnitt 10.3.2), wurden mit ihm weitere Aufgaben aus der AUDIVA-Test-CD durchgeführt (siehe Abschnitt 10.3.3), vorausgesetzt, dass die Rahmenbedingungen in Bezug auf Geräuschkulisse und Zeit es zugelassen haben. In der Prätestung wurde die Reaktion der Kinder auf das Störgeräusch beim Lautdiskriminationstest beobachtet (siehe Abschnitt 10.3.3).

Die Kinder der Hörtrainingsgruppe wurden nach dem Hörtraining mit dem Heidelberger auditiven Screening überprüft. Falls sie in der Prätestung mit der AUDIVA-Test-CD getestet worden waren, wurden diese Aufgaben (Lautunterscheidungstest 1 ohne Störgeräusch und das Hochtonverstehen), soweit es möglich war (s.o.), wiederholt durchgeführt. Der Lautunterscheidungstest mit Störgeräusch hatte in der Prätestung rein informativen Charakter.

Mit Kindern der Wartekontrollgruppe (WG) wurden dieselben Tests (s.o.) vor und nach dem Beobachtungszeitraum durchgeführt, der sich nach der Beobachtungszeit der Hörtrainingsgruppe richtete (siehe Abschnitt 10.1.1). Bei den Kindern der pädagogischen Fördergruppe (PFG) wurde die Prätestung vor der pädagogischen Fördermaßnahme und nach deren Abschluss durchgeführt (siehe Abschnitt 10.1.2.2).

Die Zeitspanne von ca. 15 Wochen zwischen der Vor- und Nachtestung konnte aus den unterschiedlichsten Gründen nicht immer eingehalten werden. Besonders bezüglich der Hörtrainingsgruppe schwankte die Zeitspanne zwischen den Testungen von 14 bis 23 Wochen, obwohl das Hörtraining bei den Kindern, die erst später nachgetestet werden konnten, nicht länger als vorgegeben dauerte (siehe Abschnitte 10.1.1 und 11.3). Um zu prüfen, ob eine Verlängerung der Zeitspanne zwischen Prä- und Posttest Auswirkungen auf die Ergebnisse hatte, wurden die Kinder der Hörtrainingsgruppe in zwei Untergruppen eingeteilt: Die Kinder, bei denen der durchschnittliche Beobachtungszeitraum dem der Kontrollgruppen in etwa entsprach, bilden eine eigene Gruppe (HG₁, n = 32). Die Ergebnisse aller weiteren Kinder der Hörtrainingsgruppe (HG₂, n = 16) werden gesondert betrachtet (siehe 11.3). Die durchschnittliche Zeitspanne zwischen der Prä- und Posttestung der Gruppen wird in der Tabelle 12 dargestellt. Der Unterschied zwischen der Beobachtungszeit der verkleinerten Hörtrainingsgruppe und der pädagogischen Fördergruppe ca. eine Woche zugunsten der Hörtrainingsgruppe. In Anbetracht der Komplexität der kindlichen Entwicklung wird hier davon ausgegangen, dass eine Woche keinen entscheidenden Unterschied ausmacht. Ob dem so ist, wird aus dem Vergleich der beiden trainierten Gruppen mit unterschiedlicher Zeitspanne zwischen Prä- und Posttest hervorgehen. Bei

16 weiteren Kindern der Hörtrainingsgruppe (HG₂) ergab sich ein durchschnittlicher Beobachtungszeitraum von 20.2 Wochen (SD = 2.2), was durchaus bedeutsam sein kann. Für die Zeitspannen zwischen „Post“ und „Prä“ ergaben sich für die Gruppen nach dem t-Test für Mittelwertvergleich bei unabhängigen Stichproben folgende Mittelwerte, die aus der Tabelle 12 ersichtlich werden:

Tabelle 12

Mittelwerte der Beobachtungszeiten der verschiedenen Gruppen.

	M	SD
Hörtrainingsgruppe ₁ (HG ₁ , n=32)	15.6	1.8
Hörtrainingsgruppe ₂ (HG ₂ , n=16)	20.2	2.2
Wartekontrollgruppe (WG, n=37)	15.4	3.2
Pädagogische Fördergruppe (PFG, n=31)	14.5	1.5

Anmerkung. M= Mittelwert der Zeitspanne zwischen Prä- und Posttestung in Wochen, SD= Standardabweichung in Wochen. Die Hörtrainingsgruppe wurde wegen besserer Vergleichbarkeit in zwei Untergruppen (HG₁ und HG₂) eingeteilt.

Die Abbildung 8 stellt das Studiendesign dar.

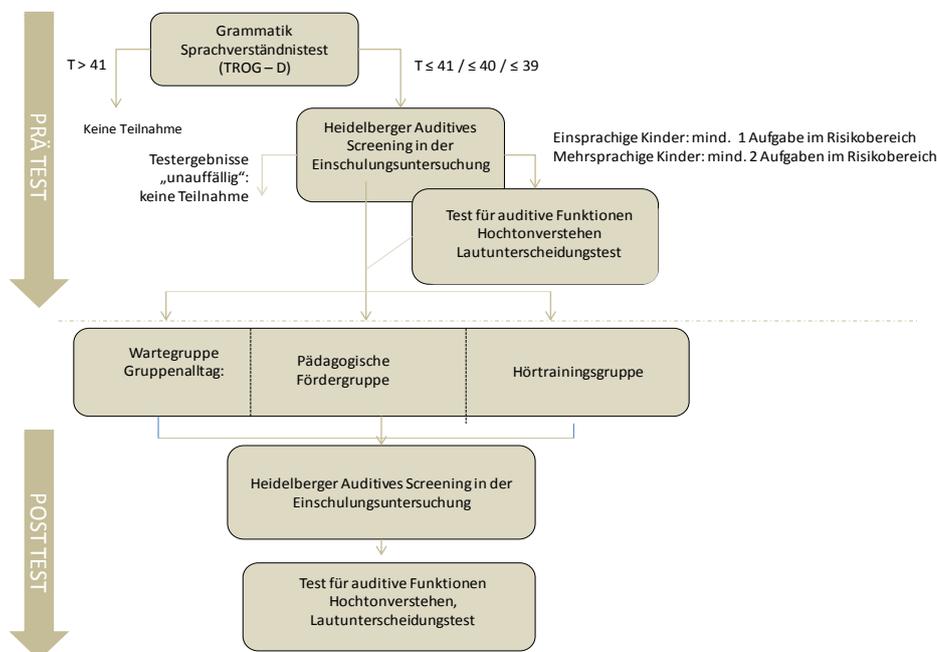


Abbildung 8. Veranschaulichung des Studiendesigns.

Anmerkung. Der Test für die auditiven Funktionen wurde nicht mit allen Kindern durchgeführt.

Wenn ein direktes Elterngespräch mit der Untersucherin stattgefunden hat, wurde ein Fragebogen zur Anamnese und zum Feedback ausgefüllt. Ein Großteil der Eltern der Hörtrainingsgruppe hat auf ein solches direktes Gespräch verzichtet. Mit ihnen fand der Kontakt durch das pädagogische Personal der Einrichtungen statt. Dort war der Rücklauf der Fragebögen lückenhaft. Daher ist die Auswertung der Fragebögen nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Die Prä- und Posttestung eines Kindes dauerte jeweils durchschnittlich 45 min, wenn alle Aufgaben durchgeführt wurden. 23 Kinder haben während der Studie mehrere Stadien durchlaufen (vgl. Abschnitt 10.1). Sie gehörten mehr als nur einer Gruppe an. Tabelle 12 stellt eine Zusammenstellung der verschiedenen Probandentypen dar.

Tabelle 13

Die verschiedenen Probandentypen.

Typ	Verlauf	Anzahl der Probanden
A	T – Hörtraining – T	30
B	T – Warten – T	19
C	T – Warten – T – Hörtraining – T	10
D	T – Päd. Förderung – T	18
E	T – Päd. Förderung – T – Hörtraining – T	7
F	T – Warten – T – Päd. Förderung – T – Hörtraining – T	2
G	T – Päd. Förderung – T – Päd. Förderung – T	2
H	T – Warten – T – Warten – T	2
I	T – Warten – T – Päd. Förderung – T	1
J	T – Warten – T – Warten – T – Päd. Förderung – T – Hörtraining – T	1

Anmerkungen. T = Testung, d.h. Prä- und/oder Posttestung, je nach Bezug auf die vorhergehende oder nachfolgende Maßnahme.

Die Probanden vom Typ A, B, C, D und E entsprechen dem vorgesehenen Ablauf des Studiendesigns. In manchen Einrichtungen kam es jedoch aufgrund personeller Engpässe zu Verzögerungen und Ausfällen des geplanten Hörtrainings. Typ F beschreibt den Fall, dass z.B. ein Kind nach der Wartekontrollgruppe den Status eines Integrationskindes bekam und dementsprechend intensiv heilpädagogisch gefördert wurde. Das vorgesehene Hörtraining musste aber aus organisatorischen Gründen

verschoben werden. Typ G stellt den Fall dar, dass beispielsweise ein Kind über zwei Kontrollperioden hinweg intensiv pädagogisch gefördert wurde. Typ H beschreibt zwei Kinder, für die es keinen Platz in der Hörtrainingsgruppe gab, und sie deswegen über zwei Kontrollzeiträume beobachtet wurden. Das eine Kind absolvierte nach der zweiten Kontrollperiode das Johansen Basis-Hörtraining zuhause. Das andere Kind hatte nach der zweiten Beobachtungszeit die Möglichkeit, am AUDIVA-Hörwahrnehmungstraining in seinem Kindergarten teilzunehmen, nachdem die Datenerfassung für die Studie allerdings schon abgeschlossen war. Kind I gehörte zuerst in die Wartekontrollgruppe und machte anschließend eine Mutter-und-Kind-Kur.

Einen Sonderfall stellt ein Mädchen dar (Kind J), das über einen längeren Zeitraum beobachtet wurde. Sie wurde zuerst als Teilnehmerin der Wartekontrollgruppe beobachtet. Nach der Posttestung musste das Hörtraining in ihrem Kindergarten aufgrund personeller Engpässe verschoben werden. Diese Posttestung war gleichzeitig die Prätestung für eine weitere Periode in der Wartekontrollgruppe. Nach der nächsten Posttestung kam das Kind in eine stationäre Sprachheilkur, was in der Studie als gleichwertig mit einer pädagogischen Förderung betrachtet wird. Die Posttestung wurde somit als die Prätestung in der pädagogischen Fördergruppe gewertet. Nach der Kur wurde das Kind 19 Wochen nach der letzten Testung wieder mit der Testbatterie getestet, da die Erzieherinnen bei ihr immer noch erhebliche rezeptive Defizite vermuteten. Diese Posttestung war gleichzeitig die Prätestung für die nächste Wartegruppe, da das geplante Hörtraining aus personellen Gründen leider ausgefallen ist. Die nächste Testung war gleichzeitig die Posttestung der vergangenen und Prätestung der kommenden Kontrollperiode. Danach konnte das Mädchen am Hörtraining in ihrem Kindergarten teilnehmen.

10.5 Das Hörtraining

Das Hörwahrnehmungstraining nach dem AUDIVA-Verfahren wurde dem Studiendesign entsprechend in insgesamt sieben Einrichtungen durchgeführt. Die Verantwortung und die Koordination des Hörtrainings wurden innerhalb des pädagogischen Personals einer oder zwei Personen zugewiesen. Diese Person diente als Kontaktperson zwischen der Einrichtung, den Eltern und der Untersucherin. Die Kinder konnten während des Musikhörens einer stillen Beschäftigung nachgehen. Die begleitende Person wurde von der Einrichtung gewählt und von der Untersucherin geschult. Darunter fanden sich Erzieherinnen, Praktikanten oder Zivildienstleistende. Die technische Ausstattung, sowie der Trainingsplan waren in allen Einrichtungen gleich. Diese bestand aus einem Discman der Marke AEG, einem Klangwandler, d.h. dem „AUDIVA-Hörwahrnehmungstrainer-home“, einem Kopfhörerverteiler und fünf Musik CDs. Die verwendete Musik besteht aus einer Auswahl von Werken von Mozart, Bach

und Vivaldi, die von Streich-, Zupf- oder Holzinstrumenten gespielt wird (siehe Anhang). Die Lautstärkeeinstellung wurde für alle Einrichtungen festgelegt und am Gerät markiert, sowie auch die Reihenfolge des Abspielens der CDs. Alle Kinder benutzten dieselben, halboffenen, das Ohr umschließenden Kopfhörer der Marke QP 160 mit einem Übertragungsbereich von 30 - 26.400 Hz. Die Abbildungen 9 und 10 stellen das Frequenzspektrum der Musik und die Funktionsweise des verwendeten Hörwahrnehmungstrainings dar.

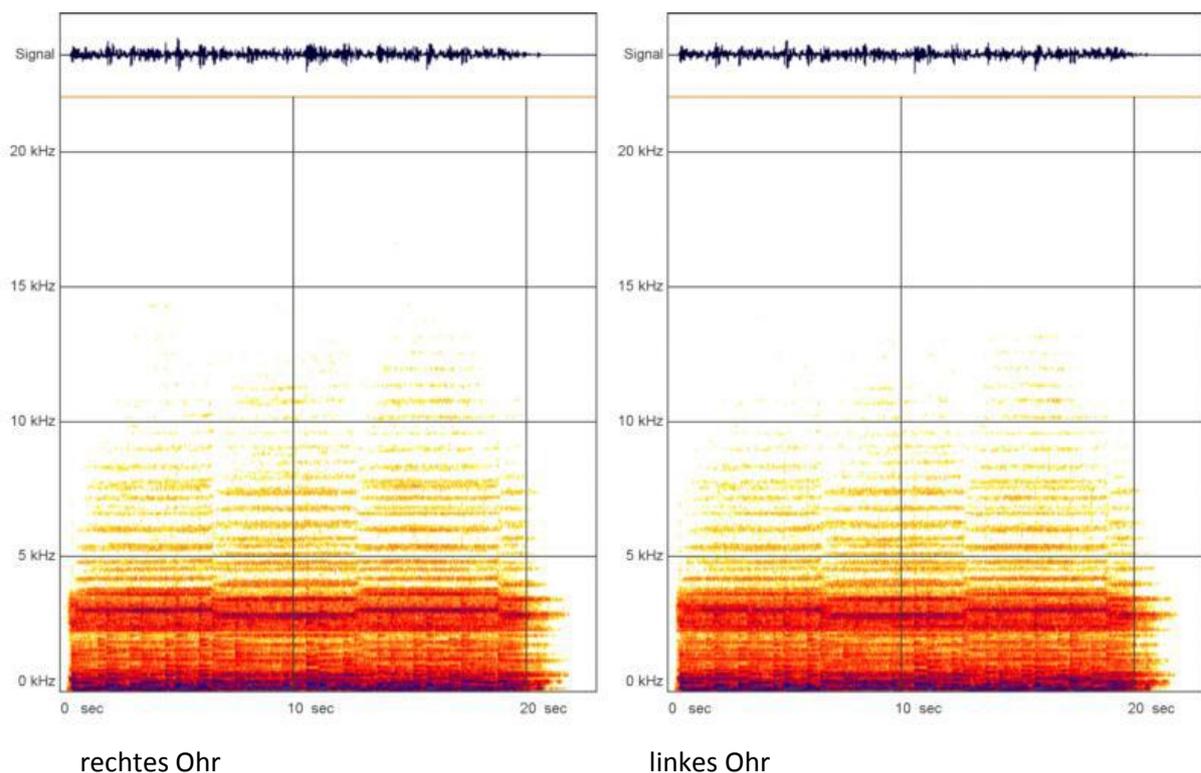


Abbildung 9. Darstellung des Frequenzspektrums der Musik, die beim Hörtraining in technisch veränderter Form über die Zeit hinweg dargeboten wird. Hier wird die unveränderte Musik dargestellt. Der dunkle Bereich stellt das Klangvolumen Orchesters dar, der hellere Bereich die Soloinstrumente. Die horizontalen Streifen, die hervortreten, sind die natürlichen Obertöne der Violinen (AUDIVA)¹².

Das verwendete Hörtrainingsverfahren arbeitet mit einem elektronischen Filter. Dieser blendet tiefe Frequenzen der Musik aus und verstärkt hohe. Die Frequenzen werden lateralisiert gefiltert, d.h. die Frequenzen > 1000 Hz) werden auf dem linken Ohr stark verdichtet, während sie gleichzeitig auf dem rechten Ohr heruntergefahren werden (Abb. 10). So wird ein lateraler zeitlicher Wechsel in einer einstellbaren Zeit (2 bis 25 Sekunden) gegeben. Dieses Lateraltraining hat die Aufgabe, die Zusammenarbeit der Hemisphären zu fördern. Die Parameter des Trainings sind:

- Laufzeit in Sekunden von Ohr zu Ohr

¹² Mit freundlicher Genehmigung von U. Minning.

- Frequenz der Filterung
- Wirkung in %

Hier gleiten die oben genannten Parameter in einem Rahmen der Anregungsstärke, die durch das sogenannte „Level“ festgelegt sind. Die Anregungsstärke definiert sich durch

- Laufzeit in Sekunden, je schneller desto stärker.
- Frequenz der Filterung, je höher desto stärker.
- Wirkung in %, je höher, desto stärker.

Diese Parameter haben obere und untere Grenzwerte. Bei Level 1 sind diese gering, bei Level 6 am höchsten. Die Abbildung 10 zeigt die höchste Anregungsstärke, Level 6.

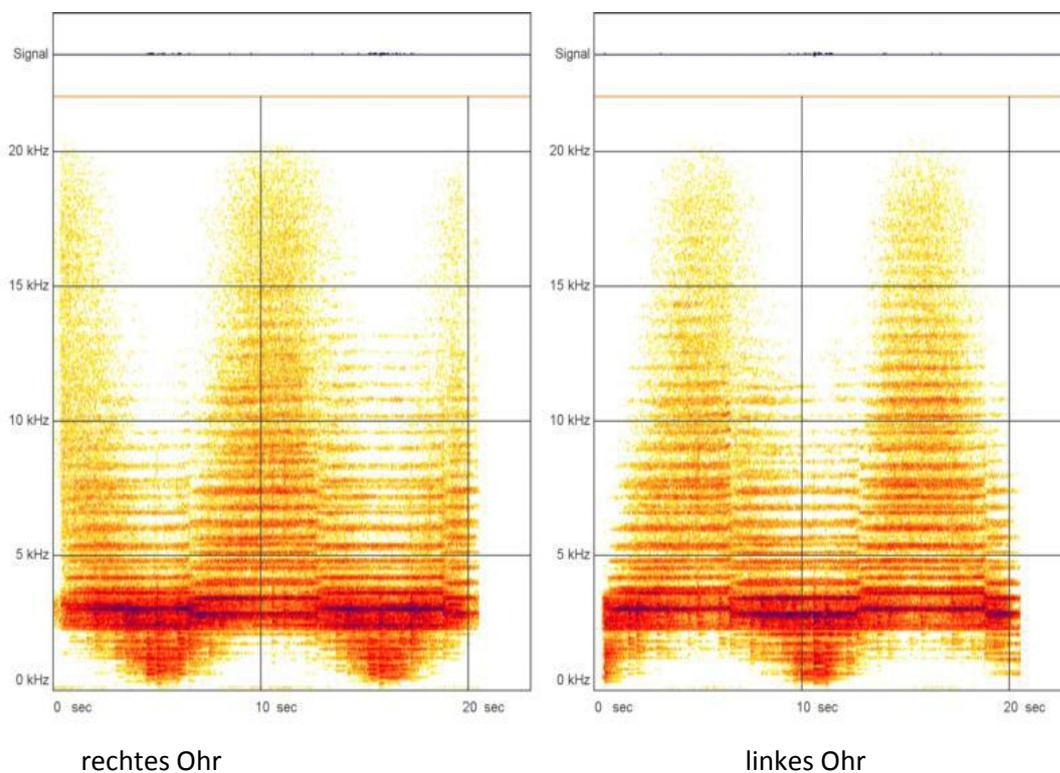


Abbildung 10. Gefilterte Musik: Hohe und mittlere (> 2000 Hz) Frequenzen werden in Abständen verdichtet und links - rechts bewegt. Tiefe (<1000) Frequenzen werden in der Gegenphase verringert bis ganz entfernt. Dadurch wird das Klangvolumen des Orchesters stark reduziert (AUDIVA)¹³.

Es werden nie spezifische Frequenzen trainiert, sondern laufend sich verändernde Klangstrukturen angeboten, die durch die sich steigernde Stimulationsintensität zustande kommen. Habituation wird dadurch vermieden, dass die immer gleichen Klänge der CD von sich bewegenden Filterungen im HWT-Gerät verarbeitet und auf den Kopfhörer gegeben werden. Die gleiche CD kann daher mehrmals gehört werden, ohne gleich zu klingen (AUDIVA). Weitere Informationen zum AUDIVA-Hörwahrnehmungstraining und die Liste der Musikauswahl befinden sich im Anhang A und B.

¹³ Mit freundlicher Genehmigung von U. Minning.

Der einheitliche Trainingsplan sah eine Hörtrainingsphase möglichst durchgängig von 12 Kalenderwochen vor, wobei diese Phase durch Feiertage und besondere Anlässe möglicherweise unterbrochen wurde. Die Kinder der Hörtrainingsgruppe sollten dreimal je 30 min in der Woche mit Kopfhörern in einer Kleingruppe technisch veränderte Musik unter der Begleitung einer erwachsenen Person hören. Die Anregungsstärke begann mit Level 2 und wurde jeweils nach sechs Sitzungen erhöht, sodass in den letzten zwei Wochen des Trainings die Kinder die höchste Stufe der Stimulation erhielten. Die stille Beschäftigung während des Trainings wurde durch die Begleitperson gewählt.

Die Kontaktperson konnte die Hörtrainingsphase dem Zeitplan der Einrichtung frei anpassen. Sie stellte nach Absprache mit den Kollegen und den Eltern die Kinder vor, vereinbarte die Termine zur Prätestung, koordinierte anschließend die Durchführung des Hörtrainings und nach dessen Abschluss die Termine für die Posttestung.

11 Ergebnisse

Wie bereits in 10.4 angeführt wurde, gab es Probleme bei der Einhaltung des festgelegten Beobachtungszeitraums von 14-15 Wochen. Ein Mittelwertvergleich der Ergebnisse der zwei Hörtrainingsgruppen untereinander, die sich in der Dauer der Beobachtungszeit unterscheiden, befindet sich in 11.3.

Die Differenzen der Ergebnisse aus den Post- und Prätestungen der Hörtrainingsgruppe wurden mit den Differenzen der Ergebnisse aus den Post- und Prätestungen beider Kontrollgruppen mit einem t -Test für unabhängige Stichproben analysiert (SPSS). Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = .05$ festgelegt. Für die Berechnung der Effektgröße, *Cohen's d*, wurde die Formel

$$d = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma}$$

verwendet (ILMES, Internet-Lexikon der Methoden der empirischen Sozialforschung).

Dabei ist μ_1 die Mittelwertdifferenz der Hörtrainingsgruppe und μ_2 die Mittelwertdifferenz der jeweiligen Kontrollgruppe und σ die gepoolte Standardabweichung, die in der folgenden Formel als „ s “ angegeben wird. Sie wird nach der folgenden Formel berechnet (Cohen, 1988; ILMES):

$$s = \sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{2}}$$

Dabei ist s_1 die Standardabweichung der Hörtrainingsgruppe und s_2 die Standardabweichung der jeweiligen Kontrollgruppe.

Nach Cohen gelten die folgenden Werte:

$d = 0.2$ kleine Effektgröße

$d = 0.5$ mittlere Effektgröße

$d = 0.8$ große Effektgröße

11.1 Heidelberger auditives Screening in der Einschulungsuntersuchung

Das Heidelberger auditive Screening ist ein zeitökonomisches Verfahren, um das auditive Arbeitsgedächtnis bei Vorschulkindern zu testen. Mit dem Nachsprechen von Sätzen werden das Sprachverständnis und die Sprachproduktion überprüft. In diesem Prozess ist das auditive Arbeitsgedächtnis ebenfalls beteiligt. Die auditive Merkspanne wird mit dem Wiederholen von Zahlenfolgen überprüft. Diese Fähigkeit gilt als valider Indikator für die Kapazität der phonologischen Schleife des Arbeitsgedächtnisses. Das Nachsprechen von Kunstwörtern gibt Hinweise auf die Kapazität und Verarbeitungsgenauigkeit der phonologischen Schleife (Schöler & Brunner, 2008). Der maximale Punktwert beträgt in jeder Aufgabe 10 (vgl. 10.3.2).

Entsprechend der Hypothese wird davon ausgegangen, dass der Trainingseffekt beim Hörtraining größer ist als die normale Entwicklung der Kinder im pädagogischen Alltag in einer Regelgruppe im selben Zeitraum. Ebenfalls wird davon ausgegangen, dass der Zugewinn der Messwerte größer ist als bei den Kindern, die im vergleichbaren Zeitraum pädagogisch intensiv gefördert wurden. Daher wird „ p “ im Ergebnisteil als einseitig angegeben. Für die folgenden Tabellen 14-42 gilt: n = Anzahl der Probanden, M = Mittelwertdifferenz, SD = Standardabweichung, t = t-Wert, df = Freiheitsgrade, p (einseitig) = Signifikanz, d = Effektgröße.

11.1.1 Nachsprechen von Sätzen (NS)

Wie hat sich bei den Kindern der drei Gruppen zwischen der Prä- und Posttestung die Fähigkeit entwickelt, Sätze zu reproduzieren? Den Kindern wurden sowohl in der Prätestung als auch in Posttestung dieselben zehn Sätze mit steigender Komplexität von einer CD vorgespielt, die sie nachsprechen sollten (siehe Abschnitt 10.3.2). Eine Schwierigkeitsstufe besteht aus zwei Sätzen. Spricht das Kind den ersten Satz einer Kategorie korrekt nach, bekommt es 2 Punkte und man geht auf die nächste

Stufe über. Wiederholt es den Satz falsch, wird der zweite Satz der Kategorie vorgespielt. Wird dieser Satz korrekt reproduziert, bekommt es nur einen Punkt für die Kategorie. Ein Abbruch erfolgt nach vier falschen Antworten hintereinander.

Tabelle 14

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁¹⁴ und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p (einseitig)</i>	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	32	1.81	1.49	4.22	67	.000	1.01
Wartekontrollgruppe	37	0.41	1.28				

Tabelle 15

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p (einseitig)</i>	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	32	1.81	1.49	4.47	61	.000	1.13
Päd. Fördergruppe	31	0.35	1.05				

Wie aus den Tabellen 14 und 15 zu entnehmen ist, ist der Unterschied der Mittelwertdifferenzen (*M*) in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen bei der Hörtrainingsgruppe im Vergleich zu beiden Kontrollgruppen signifikant. Der Trainingseffekt mit $d = 1.01$ bzw. $d = 1.13$ gegenüber beiden Gruppen ist groß.

¹⁴ Bei HG₁ handelt es sich um die Kinder der Experimentalgruppe, deren Beobachtungszeitraum mit dem der Kinder der Kontrollgruppen vergleichbar ist (siehe 10.4).

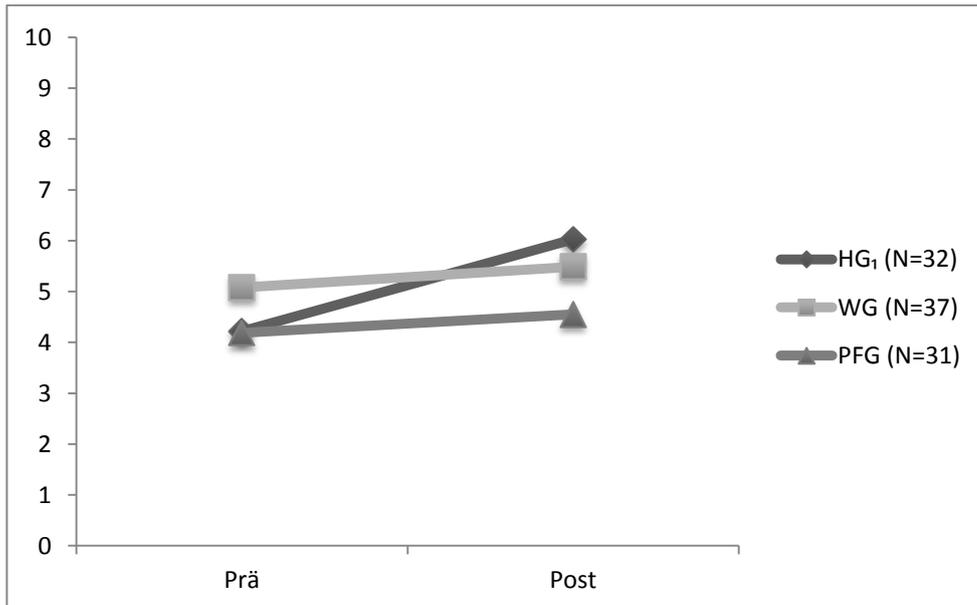


Abbildung 11. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).

Anmerkungen zu den Abbildungen 11 bis 17. HG₁ = Hörtrainingsgruppe₁, WG = Wartekontrollgruppe, PFG = pädagogische Fördergruppe. Tabellen mit den Mittelwerten der Rohwerte „Prä“ und „Post“ und den jeweiligen Standardabweichungen befinden sich im Anhang H.

Abbildung 11 stellt den Zugewinn der drei Gruppen im Vergleich zueinander in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen dar. Die maximale Punktzahl beträgt 10. Das Diagramm den Unterschied optisch deutlich dar. Beide Kontrollgruppen haben einen nahezu parallelen Linienvverlauf.

11.1.2 Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ)

Den Kindern wurde sowohl in der Prä- als auch in der Posttestung Zahlenfolgen mit aufsteigendem Schwierigkeitsgrad von einer CD vorgespielt, die sie nachsprechen sollten. Der maximale Punktwert beträgt zehn. Wie hat sich bei den Kindern zwischen den Messzeitpunkten „Prä(WZ)“ und „Post(WZ)“ die Fähigkeit entwickelt, Zahlenfolgen zu wiederholen?

Tabelle 16

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	32	0.88	1.45	1.89	67	.032	0.45
Wartekontrollgruppe	37	0.24	1.32				

Tabelle 17

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen(WZ).

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	32	0.88	1.45	1.77	61	.041	0.45
Päd. Fördergruppe	31	0.23	1.45				

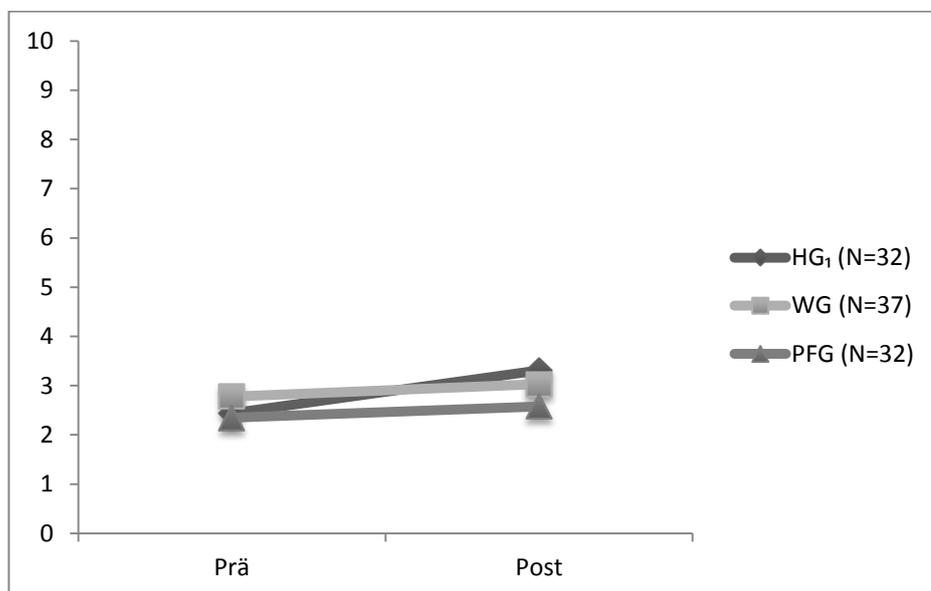


Abbildung 12. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).

Die Leistungssteigerung in der Fähigkeit, Zahlenfolgen nachzusprechen, war in der Gruppe Hörtraining wieder größer als in den Kontrollgruppen, allerdings war der Unterschied nicht so ausgeprägt

wie in der Aufgabe *Nachsprechen von Sätzen*. Dennoch ist der Zugewinn des Mittelwerts der Hörtrainingsgruppe im Prä-Postvergleich in dieser Aufgabe gegenüber beiden Kontrollgruppen signifikant, wie aus den Tabellen 16 und 17 hervorgeht. Es handelt sich allerdings um einen knapp mittleren Trainingseffekt mit $d = 0.45$ im Vergleich zu beiden Kontrollgruppen. Die Abbildung 12 zeigt deutlich, wie sich die Linie der Hörtrainingsgruppe von den Linien der Kontrollgruppen abhebt, während diese nahezu parallel verlaufen.

11.1.3 Nachsprechen von Kunstwörtern (NK)

Wie hat sich bei den Kindern während des Beobachtungszeitraums die Fähigkeit entwickelt, Kunstwörter nachzusprechen? Den Kindern wurden sowohl in der Prätestung als auch in der Posttestung von der CD neun Kunstwörter mit aufsteigender Silbenlänge und zum Abschluss das Zauberwort „Ab-rakadabra“ vorgespielt, die sie nachsprechen sollten. Die Aufgabe gibt Aufschluss über die Kapazität des phonemischen Speichers. Jedes korrekt reproduzierte Wort ergibt einen Punkt. Die maximale Punktzahl sind 10 Punkte (siehe Abschnitt 10.3.2).

Tabelle 18

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p (einseitig)</i>	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	32	2.91	1.59	7.93	67	.000	2.04
Wartekontrollgruppe	37	0.24	1.19				

Tabelle 19

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	32	2.91	1.59	7.93	61	.000	1.90
Päd. Fördergruppe	31	0.29	1.27				

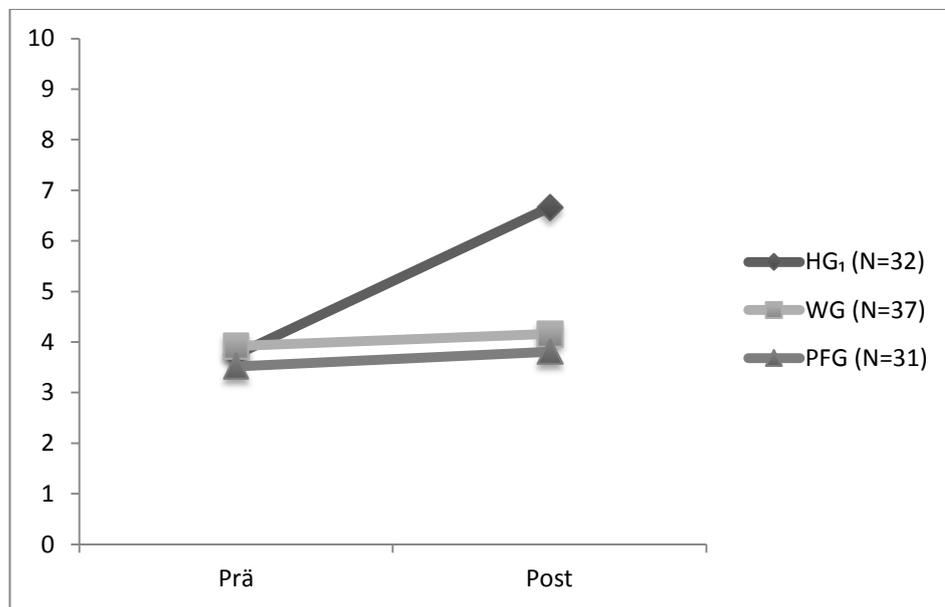


Abbildung 13. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“: Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).

Die Abbildung 13 zeigt den Zuwachs der durchschnittlichen Rohwerte in der Zeitspanne zwischen der Prä- und Posttestung in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern. Es ist klar zu erkennen, wie deutlich sich in der graphischen Darstellung die Linie der Hörtrainingsgruppe₁ von den anderen abhebt. Die Fähigkeit, Kunstwörter nachzusprechen, was ein Indikator für die Speicherkapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses darstellt, hat sich zwischen den zwei Messzeitpunkten bei den Kindern der Hörtrainingsgruppe₁ stärker entwickelt als bei den Kontrollgruppen. Wie aus den Tabellen 18 und 19 zu entnehmen ist, ist die Mittelwertdifferenz gegenüber beiden Gruppen signifikant. Der Trainingseffekt übersteigt mit $d = 2.04$ bzw. $d = 1.90$ deutlich den Grenzwert für einen großen Effekt.

11.2 AUDIVA-Test-CD für die auditiven Funktionen

Die Testung der Lautdiskrimination und des Hochttonverstehens mit der AUDIVA-Test-CD konnte aus zeitlichen oder organisatorischen Gründen nicht mit allen Kindern durchgeführt werden. In der Regel wurde sie bei der Prätestung immer durchgeführt, um ein möglichst umfassendes Bild von dem jeweiligen Kind zu bekommen; gesetzt den Fall, die Kinder waren kooperativ. Eine Posttestung war jedoch nicht immer möglich. Die Gründe dafür waren vielfältig. Neben dem bereits angeführten begrenzten Zeitfenster für eine störungsfreie Umgebung waren es organisatorische oder persönliche Gründe. Manchmal war ein Kind krank oder im Urlaub, mal hatte jemand in der Gruppe Geburtstag, oder es wurde für eine Aufführung geprobt, etc. Das Fernbleiben eines Kindes von solchen Zusammenkünften hätte seine Konzentrationsfähigkeit bei der Testsituation reduziert. Durch die großen Distanzen der Einrichtungen zum Standort der Untersucherin konnten nicht allzu viele Termine für die Testungen vereinbart werden. Die Synchronisation der Terminkalender aller Beteiligten war eine weitere Herausforderung. Darüber hinaus haben viele vierjährige Kinder abgelehnt, die Kopfhörer aufzusetzen, oder waren von ihnen stark irritiert. Die Ergebnisse wurden ebenfalls mit dem t -Test bei unabhängigen Stichproben analysiert. Entsprechend der Hypothese wird davon ausgegangen, dass sich ein Trainingseffekt bei den Kindern der Hörtrainingsgruppe einstellen wird, der größer ist als die normale Entwicklung der Kinder der Wartekontrollgruppe sowie der Trainingseffekt bei den Kindern der pädagogischen Fördergruppe während der Beobachtungszeit. Daher wird p einseitig angegeben. Es wurden darüber hinaus die Effektgrößen (*Cohen's d*) ermittelt.

11.2.1 Hochttonverstehen

Wie aus den Abschnitten 2.4 und 6.1 hervorgeht, besteht ein Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und Wahrnehmung der hohen Frequenzen. Ferner ist die Wahrnehmung der hohen Frequenzen ab 2000 Hz für die Diskrimination der Laute, besonders der Konsonanten, von großer Bedeutung (siehe Abschnitt 5.1.2 und 10.3.3). Die Entwicklung der Aufmerksamkeit ist jedoch nicht der Gegenstand der vorliegenden Studie, sondern die Lautdiskrimination und der angenommene Zusammenhang zu der Wahrnehmung der hohen Frequenzen. Für die Aufgabe lagen keine Normwerte für die Altersgruppe der Studienteilnehmer vor. Die Testdaten dienten insbesondere der Beobachtung einer Entwicklung innerhalb einer festgelegten Zeitspanne, in der eine besondere Förderung stattfindet. Es wurde angenommen, dass das Hörtraining, das besonders die hohen Frequenzen in der Musik betont, einen Transfereffekt für das Hochttonverstehen in Bezug auf Sprache hat. Die Ergebnisse aus der

Prä- und Posttestung, die mit dem *t*-Test für Mittelwertgleichheit bei unabhängigen Stichproben analysiert wurden, werden im Folgenden dargestellt.

11.2.1.1 Hochtontonverstehen ab 4000 Hz

Wie hat sich das Hochtontonverstehen für Sprachlaute oberhalb von 4000 Hz bei den untersuchten Kindern im Gruppenvergleich während der Beobachtungsphase entwickelt?

Tabelle 20

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochtontonverstehen ab 4000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p (einseitig)</i>	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	22	2.27	1.98	3.18	44	.001	0.93
Wartekontrollgruppe	24	0.63	1.53				

Tabelle 21

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Hochtontonverstehen ab 4000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p (einseitig)</i>	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	22	2.27	1.98	2.13	37	.020	0.70
Päd. Fördergruppe	17	1.00	1.66				

Anmerkung zu den Tabellen 20 und 21. Der maximale Punktwert beträgt 10.

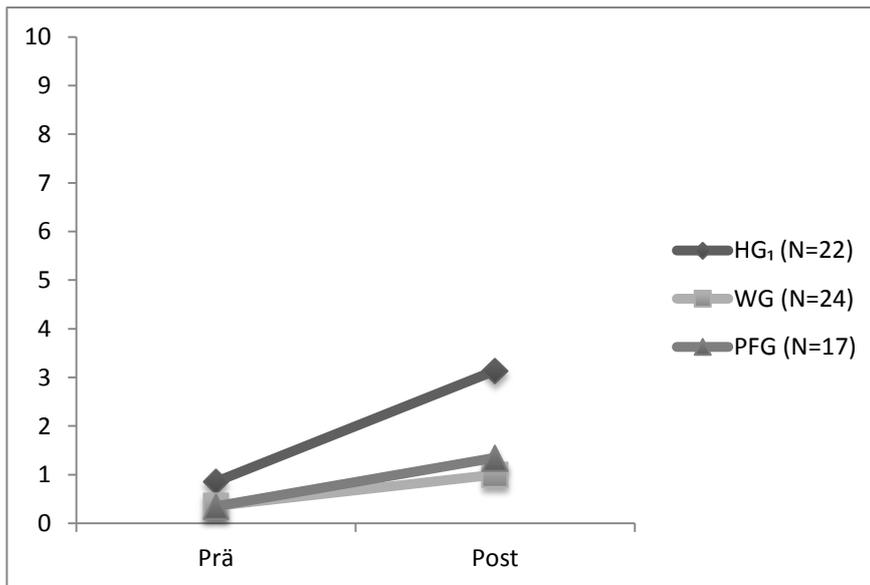


Abbildung 14. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“: Hochtönerverstehen > 4000 Hz.

Die Kinder aller Gruppen haben in der Prätestung Sprache ab einer Frequenzhöhe von 4000 Hz kaum wahrgenommen. Bei zehn dargebotenen Infinitiven lag der Mittelwert der korrekten Reproduktionen bei allen Gruppen unter eins. Wie aus den Tabellen 20 und 21 hervorgeht, hatten die Kinder der Hörtrainingsgruppe, die größten Zugewinne im Vergleich zu den Kindern der Kontrollgruppen. Die Mittelwertdifferenzen der Zugewinne im Vergleich zu beiden Kontrollgruppen sind signifikant. Der Trainingseffekt gegenüber der Wartekontrollgruppe ist groß ($d = 0.93$) und gegenüber der pädagogischen Fördergruppe liegt er im mittleren Bereich ($d = 0.70$). Die Abbildung 14 zeigt eindrucksvoll, wie groß die Unterschiede des Zugewinns zu den Kontrollgruppen sind.

11.2.1.2 Hochtönerverstehen ab 3000 Hz

Wie hat sich das Hochtönerverstehen ab 3000 Hz bei den untersuchten Kindern während der Beobachtungsphase entwickelt? Hat das Hörtraining mit Musik die Wahrnehmung für die Frequenzen der Sprachlaute oberhalb von 3000 Hz verbessert? Darin sind bereits mehr Formanten enthalten, die für die Lautdiskrimination benötigt werden. Den Kindern wurden dieselben Verben vorgespielt, wie in der vorangegangenen Aufgabe. Diesmal wurde die Sprache oberhalb von 3000 Hz dargeboten. Dennoch war die Aufgabe für die Mehrzahl der Kinder im Prätest schwer zu bewältigen.

Tabelle 22

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochtonverstehen ab 3000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	22	5.41	3.03	4.48	44	.000	1.32
Wartekontrollgruppe	24	1.21	3.30				

Tabelle 23

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Prä-Post) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Hochtonverstehen ab 3000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>Df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	22	5.41	3.03	1.63	37	.056	0.53
Päd. Fördergruppe	17	3.88	2.71				

Anmerkung zu den Tabellen 22 und 23. Der maximale Punktwert beträgt 10.

Wie aus den Tabellen 22 und 23 zu entnehmen ist, war der Zugewinn der Wahrnehmungsleistung der Kinder der Hörtrainingsgruppe₁ gegenüber den Kindern der Wartekontrollgruppe signifikant höher und der Effekt groß ($d = 1.3$). Gegenüber der pädagogischen Fördergruppe war der Zugewinn zwar bemerkbar, aber nicht signifikant. Das Hörtraining hatte einen mittleren Effekt ($d = 0.5$) gegenüber der pädagogischen Förderung.

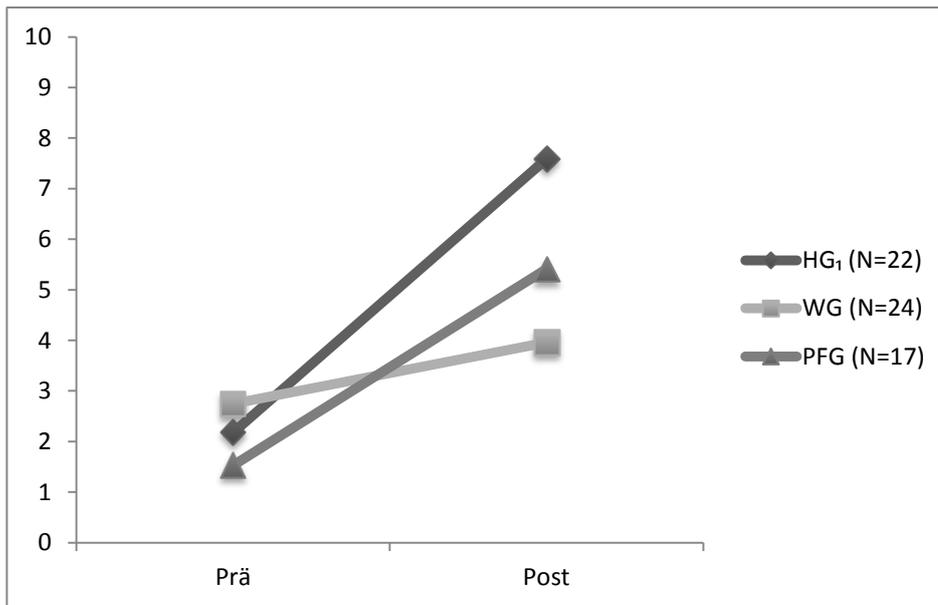


Abbildung 15. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“: Hochttonverstehen > 3000 Hz.

Wie aus den Mittelwerten der Prätistung hervorgeht, haben die Kinder aller Gruppen zu Beginn der Studie durchschnittlich nur ein bis drei der zehn Verben aus dem Grundwortschatz korrekt reproduziert, wenn den Wörtern die Frequenzen unterhalb von 3000 Hz entfernt worden waren. Das in der Abbildung 15 dargestellte Diagramm zeigt, wie deutlich sich der Zugewinn der Hörtrainingsgruppe₁ von der Wartegruppe abhebt, während sich der Linienvorlauf der pädagogischen Fördergruppe der Linie der Experimentalgruppe annähert, was auch der Effektgröße entspricht (vgl. Tabelle 28). Die Stichprobe war in diesem Test allerdings wesentlich kleiner als die in den HASE-Aufgaben.

11.2.1.3 Hochttonverstehen ab 2000 Hz

Es gab eine Reihe von Kindern, die Probleme hatten, Sprache zu verstehen, wenn die Frequenzen unterhalb von 2000 Hz fehlten, obwohl immer wieder dieselben Verben wiederholt wurden (vgl. 10.3.3). Ist noch ein messbarer Trainingseffekt für Hochtton-verstehen ab 2000 Hz für die Kinder der Hörtrainingsgruppe₁ zu beobachten?

Tabelle 24

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochttonverstehen ab 2000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	22	4.09	3.85	2.43	44	.010	0.72
Wartekontrollgruppe	24	1.46	3.49				

Tabelle 25

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Hochttonverstehen ab 2000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	22	4.09	3.85	0.74	37	.232	0.02
Päd. Fördergruppe	17	3.88	2.71				

Anmerkung zu den Tabellen 24 und 25. Der maximale Punktwert beträgt 10.

Die Tabellen 24 und 25 zeigen, dass es trotz des Übungseffekts durch die Wiederholungen der Itemwörter für die Hörtrainingsgruppe₁ gegenüber der Wartegruppe tatsächlich noch einen messbaren Zugewinn gab, der allerdings nicht mehr signifikant war. Gegenüber der pädagogischen Fördergruppe gab es ebenfalls keinen signifikanten Unterschied mehr.

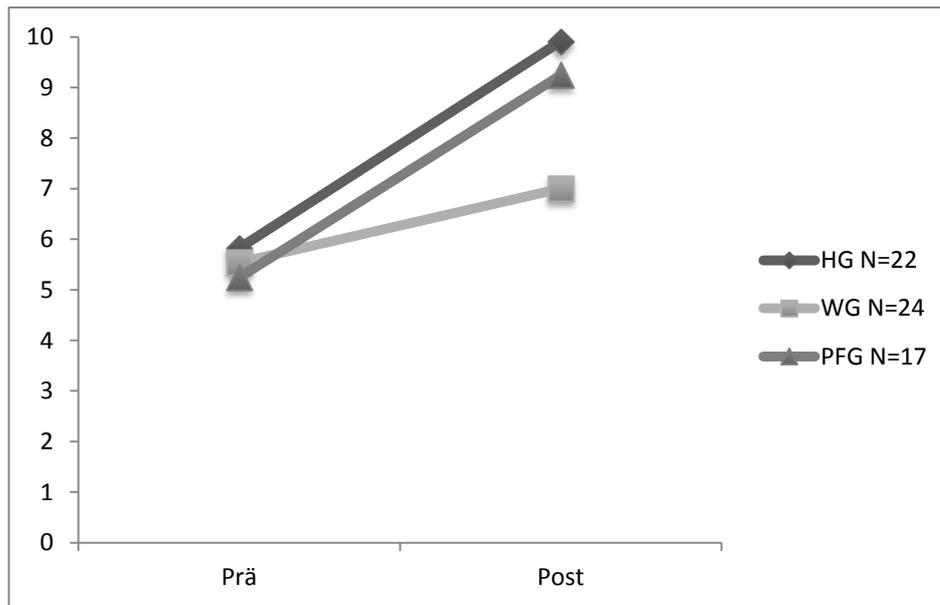


Abbildung 16. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“: Hochtonverstehen > 2000 Hz.

Die Ergebnisse bei der Aufgabe Hochtonverstehen ab 2000 Hz bestätigen die Aussage des Herstellers (U. Minning, persönliche Mitteilung 18.11.2013), dass es sich um Trainingseffekte aufgrund der Wiederholungen der Itemsätze bei den Kindern handele. Es werden immer dieselben zehn Verben dargestellt, zuerst im Frequenzbereich oberhalb von 4000 Hz, dann oberhalb von 3000 Hz und schließlich im Frequenzbereich ab 2000 Hz aufwärts. Die Abbildung 16 zeigt, dass die Linien der Hörtrainingsgruppe und der pädagogischen Fördergruppe parallel verlaufen.

11.2.2 Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch

Schließlich wurde noch die Lautdiskriminationsfähigkeit bei den Kindern getestet, soweit es zeitlich und räumlich möglich war. Den Kindern wurden über Kopfhörer 16 einsilbige Kunstwörter (Vokal-Konsonant-Vokal) abwechselnd in jedes Ohr einzeln von einer Frauenstimme vorgesprochen. Ziel war es zu überprüfen, ob durch das Hörtraining mit Musik Transfereffekte auf Lautebene möglich sind. Wie hat sich die Lautdiskriminationsfähigkeit der Kinder in der Zeitspanne zwischen der Prätestung und Posttestung entwickelt?

Tabelle 26

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p (einseitig)</i>	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	11	7.73	8.68	2.39	33	.011	0.82
Wartekontrollgruppe	24	1.50	6.39				

Tabelle 27

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p (einseitig)</i>	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	11	7.73	8.68	0.40	24	.346	0.16
Päd. Fördergruppe	15	6.40	8.14				

Anmerkung zu den Tabellen 26 und 27. Der maximale Punktwert beträgt 32 (siehe Abschnitt 10.3.3).

Wie aus den Tabellen 26 und 27 zu ersehen ist, gibt es noch einen signifikanten Unterschied zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der Wartekontrollgruppe, was noch mit einem großen Effekt ($d = 0.82$) untermauert wird. Die Kinder der pädagogischen Fördergruppe haben eine nahezu vergleichbare Entwicklung bezüglich der Lautdifferenzierung wie die Kinder der Hörtrainingsgruppe₁ erfahren.

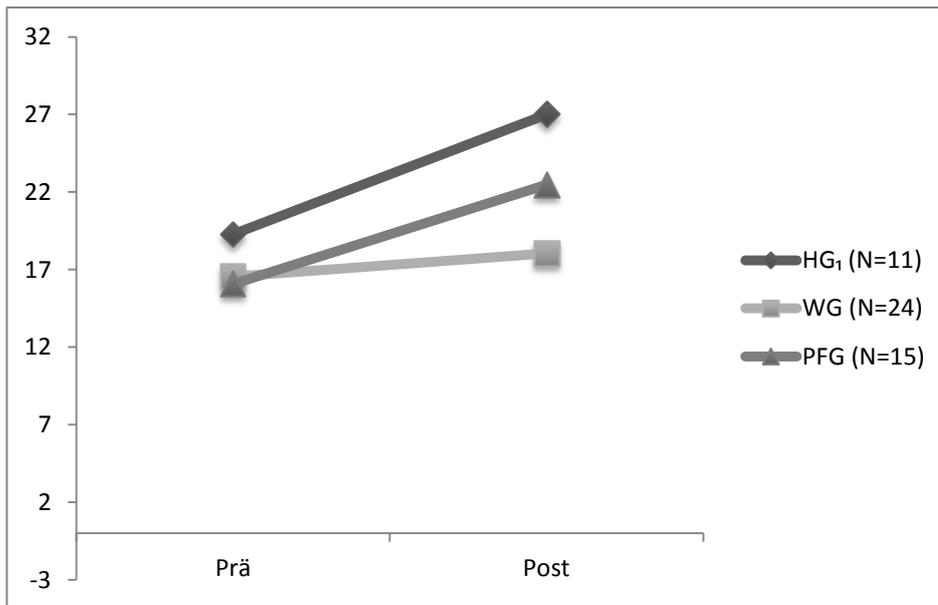


Abbildung 17. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“: Lautunterscheidungstest 1 ohne Störgeräusch.

Die Abbildung 17 zeigt, dass die Linien der Hörtrainingsgruppe und der pädagogischen Fördergruppe nahezu parallel verlaufen. Die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche, die aus den Tabellen 26 und 27 hervorgehen, deuten darauf hin, dass sich die Lautdiskriminationsfähigkeit bei den Kindern der Hörtrainingsgruppe während der Beobachtungszeitspanne etwas stärker als bei der Wartekontrollgruppe entwickelt hat. Der Unterschied der Mittelwerte der Zugewinne zugunsten der Hörtrainingsgruppe, ist noch signifikant im Vergleich zu der Wartekontrollgruppe, jedoch nicht signifikant im Vergleich zu der pädagogischen Fördergruppe. Allerdings sind die Stichproben recht klein.

11.3 Vergleich innerhalb der Hörtrainingsgruppen in Abhängigkeit von der Beobachtungszeit

Wie bereits angeführt wurde, konnten bei einem erheblichen Teil der Kinder, die das Hörtraining nach der Vorgabe des Studiendesigns absolviert hatten, die Posttestung aus verschiedenen Gründen nicht unmittelbar nach Abschluss des Hörtrainings durchgeführt werden (vgl. Tabelle 6). Zur besseren Vergleichbarkeit mit den Kontrollgruppen wurde die Hörtrainingsgruppe geteilt. Die Ergebnisse von 32 Kindern wurden bereits mit dem *t*-Test für den Mittelwertvergleich bei unabhängigen Stichproben analysiert und in 11.1. und 11.2 dargestellt. Mit dem *t*-Test für den Mittelwertvergleich bei unabhängigen Stichproben wurde zusätzlich überprüft, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen innerhalb der Hörtrainingsgruppe in Abhängigkeit vom Beobachtungszeitraum gibt.

Der Mittelwert der Beobachtungszeit der 32 Kinder, die hier als HG₁ bezeichnet werden, betrug 15.6 Wochen (SD = 1.8), der Mittelwert der Beobachtungszeit der 16 weiteren Kinder, die im Folgenden als HG₂ bezeichnet wird, dagegen 20.2 Wochen (SD = 2.2). Das Durchschnittsalter der Kinder der HG₁ betrug 4; 9 Jahre (57.4 Monate, SD = 5.8), das Durchschnittsalter der Kinder der HG₂ lag bei 5; 3 Jahren (62.9 Monate, SD = 8.4).

Tabelle 28

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Prä-Post) innerhalb der Hörtrainingsgruppe unterteilt nach Dauer der Beobachtungszeit.

Aufgabe	Gruppe	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (2-seitig)
Nachsprechen von Sätzen	HG ₁	32	1.81	1.49	.292	46	.772
	HG ₂	16	1.94	1.18			
Wiederholen von Zahlenfolgen	HG ₁	32	0.88	1.45	.666	46	.509
	HG ₂	16	1.19	1.68			
Nachsprechen von Kunstwörtern	HG ₁	32	2.91	1.59	.545	46	.588
	HG ₂	16	2.63	1.86			
Hochtonverstehen ➤ 4000 Hz	HG ₁	22	2.27	1.98	.305	30	.763
	HG ₂	10	2.50	1.90			
Hochtonverstehen ➤ 3000 Hz	HG ₁	22	5.41	3.03	.463	30	.647
	HG ₂	10	4.80	4.26			
Hochtonverstehen ➤ 2000 Hz	HG ₁	22	4.09	3.85	.254	30	.816
	HG ₂	10	3.70	4.45			
Lautunterscheidung ohne Störgeräusch	HG ₁	11	7.73	8.68	.921	17	.370
	HG ₂	8	12.00	11.59			

Anmerkungen. HG₁= Hörtrainingsgruppe₁, HG₂= Hörtrainingsgruppe₂.

Wie aus der Tabelle 28 hervorgeht, scheint es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Differenzen in den Testwerten der zwei Teilgruppen zu geben. Der Trainingseffekt hat somit zumindest einige Wochen nach Ende des Trainings überdauert.

11.4 Ergebnisse ohne Kinder mit heilpädagogischem Förderbedarf

In der Hörtrainingsgruppe bekamen acht Kinder heilpädagogische Förderung¹⁵, in der Pädagogischen Fördergruppe gab es sieben s.g. Integrationskinder. In der Wartekontrollgruppe befanden sich keine Integrationskinder. Es wurde ein weiterer Vergleich vorgenommen, um den Trainingseffekt zwischen den drei Gruppen ohne Integrationskinder zu analysieren. Für die Hörtrainingsgruppe wird die Gesamtgruppe ohne Integrationskinder (n = 40) als Vergleichsgruppe herangezogen, da bereits festgestellt wurde, dass der Beobachtungszeitraum keinen signifikanten Unterschied in den Ergebnissen ausmacht (11.3). In der pädagogischen Fördergruppe betrug die Gruppengröße in diesem Fall 24 Probanden. Die Ergebnisse werden auch hier mit dem t-Test für Mittelwertgleichheit mit unabhängigen Stichproben analysiert. Es wird angenommen, dass die Ergebnisse sich analog zu den Ergebnissen, die in den Abschnitten 11.1 und 11.2 vorgestellt wurden, verhalten. Daher wird *p* als einseitig angegeben.

11.4.1 Nachsprechen von Sätzen

Tabelle 29

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	40	1.73	1.38	4.35	75	.000	0.99
Wartekontrollgruppe	37	0.41	1.28				

¹⁵ Heilpädagogischer Förderbedarf nach dem Sozialgesetzbuch XII.

Tabelle 30

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	40	1.73	1.38	3.81	62	.000	1.03
Päd. Fördergruppe	24	0.50	0.98				

Anmerkung zu den Tabellen 29 bis 34. Der maximale Punktwert beträgt 10 Punkte.

Wie aus den Tabellen 29 und 30 abzulesen ist, hat sich die Hörtrainingsgruppe, nachdem die Daten aller Integrationskinder der Hörtrainings- und der pädagogischen Fördergruppe herausgenommen worden waren, in der Aufgabe *Nachsprechen von Sätzen* gegenüber der Wartekontrollgruppe und der Pädagogischen Fördergruppe signifikant verbessert. Die Effekte sind groß (vgl. Abschnitt 11.1.1).

11.4.2 Wiederholen von Zahlenfolgen

Tabelle 31

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	40	1.00	1.47	2.37	75	.010	0.54
Wartekontrollgruppe	37	0.24	1.32				

Tabelle 32

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	40	1.00	1.47	2.14	62	.018	0.55
Päd. Fördergruppe	24	0.17	1.58				

Anmerkung zu den Tabellen 31 und 32. Der maximale Punktwert beträgt 10 Punkte.

In der Aufgabe *Wiederholen von Zahlenfolgen* ist der Zugewinn der Mittelwertdifferenzen gegenüber beiden Kontrollgruppen immer noch signifikant mit $p = .044$ gegenüber der pädagogischen Fördergruppe und mit $p = 0.02$ gegenüber der Wartekontrollgruppe, wie aus den Tabellen 31 und 32 zu entnehmen ist. Die Effekte sind mittelgroß. Die Ergebnisse korrelieren mit den Daten, die bereits in Abschnitt 11.1.2 aufgeführt worden sind.

11.4.3 Nachsprechen von Kunstwörtern

Tabelle 33

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	40	2.90	1.75	7.73	75	.000	1.78
Wartekontrollgruppe	37	0.24	1.19				

Tabelle 34

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	40	2.90	1.75	6.58	62	.000	1.74
Päd. Fördergruppe	24	0.21	1.32				

Anmerkung zu den Tabellen 33 und 34. Der maximale Punktwert beträgt 10 Punkte.

Wie aus den Tabellen 33 und 34 hervorgeht, ist auch in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern die Mittelwertdifferenz im Prä-Post Vergleich gegenüber beiden Kontrollgruppen mit jeweils $p = .000$ signifikant. Die Effekte sind groß (vgl. 11.1.3, Tabellen 18 und 19).

11.4.4 Hochttonverstehen

11.4.4.1 Hochttonverstehen ab 4000 Hz

Tabelle 35

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochttonverstehen > 4000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	27	2.37	2.00	3.47	49	.001	0.98
Wartekontrollgruppe	24	0.63	1.53				

Tabelle 36

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Hochttonverstehen > 4000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	27	2.37	2.00	2.33	39	.013	0.80
Päd. Fördergruppe	14	0.93	1.59				

Anmerkungen zu den Tabellen 35 bis 40: Der maximale Punktwert beträgt 10 Punkte.

Die Tabellen 35 und 36 stellen die Post-Prä-Differenzen der Gruppen in der Aufgabe *Hochttonverstehen ab 4000 aufwärts* dar. In beiden Fällen ist die Mittelwertdifferenz der Experimentalgruppe im Vergleich zu den Kontrollgruppen signifikant. Die Effekte sind groß (vgl. Abschnitt 11.2.1.1).

11.4.4.2 Hochttonverstehen ab 3000 Hz

Tabelle 37

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochttonverstehen > 3000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	27	4.85	3.31	3.93	49	.000	1.10
Wartekontrollgruppe	24	1.21	3.30				

Tabelle 38

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Hochttonverstehen > 3000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	27	4.85	3.31	1.16	39	.127	0.39
Päd. Fördergruppe	14	3.64	2.84				

Anmerkung zu den Tabellen 37 und 38. Der maximale Punktwert beträgt 10 Punkte.

Wie aus der Tabelle 37 abzulesen ist, ist der Zugewinn der Experimentalgruppe im Prä-Post-Vergleich in der Aufgabe *Hochttonverstehen ab 3000 Hz aufwärts* im Vergleich zu der Wartekontrollgruppe signifikant und der Effekt ist groß, während er gegenüber der pädagogischen Fördergruppe (Tabelle 38) zwar tendenziell höher liegt, aber nicht signifikant ist. Der Effekt ist klein (vgl. 11.2.1.2).

11.4.4.3 Hochttonverstehen ab 2000 Hz

Tabelle 39

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochttonverstehen > 2000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	27	3.70	3.95	2.14	49	.0185	0.6
Wartekontrollgruppe	24	1.46	3.49				

Tabelle 40

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Hochtönerverstehen > 2000 Hz.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	27	3.70	3.95	0.105	39	.459	0.03
Päd. Fördergruppe	14	3.57	3.61				

Anmerkung zu den Tabellen 39 und 40. Der maximale Punktwert beträgt 10 Punkte.

Wie bereits in Abschnitt 11.2.1.3 dargestellt wurde, ist der Trainingseffekt der Experimentalgruppe bei der Aufgabe *Hochtönerverstehen ab 2000 Hz* gegenüber der Wartekontrollgruppe signifikant und der Effekt mittelgroß (Tabelle 39), während der Trainingseffekt gegenüber der pädagogischen Fördergruppe nicht signifikant ist (Tabelle 40). Die Stichprobe ist hier allerdings vergleichsweise klein.

11.4.5 Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch

Tabelle 41

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> (einseitig)	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	16	8.94	10.11	2.86	38	.003	0.88
Wartekontrollgruppe	24	1.50	6.39				

Tabelle 42

Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p (einseitig)</i>	<i>d</i>
Hörtrainingsgruppe ₁	16	8.94	10.11	1.31	26	.101	0.03
Päd. Fördergruppe	12	4.50	6.86				

Anmerkung zu den Tabellen 41 und 42. Der maximale Punktwert im Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch beträgt 32 Punkte.

Auch in der Aufgabe Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch setzt sich der Trend fort. Die Prä-Post-Differenz des Zugewinns ist gegenüber der Wartekontrollgruppe signifikant und der Effekt groß (vgl. Tabelle 26), wie aus der Tabelle 41 hervorgeht. Die Differenz im Vergleich zu der pädagogischen Fördergruppe hingegen ist nicht signifikant, und der Effekt ist gering (Tabelle 42, vgl. auch Tabelle 27).

12 Diskussion der Ergebnisse

Die vorliegende Untersuchung diene einerseits dem Ziel, zu überprüfen, ob sich die positiven Erfahrungen der Autorin aus der eigenen sprachtherapeutischen Praxis mit einem sprachfreien Hörtraining als eine begleitende Maßnahme mit einer größeren Stichprobe in einem Prä-Post-Design bestätigen lassen. Kinder mit Sprachstörungen sollten vor Schuleintritt erfolgreich therapiert werden, um ihnen eine unbeeinträchtigte, langfristige kognitive, emotionale und soziale Entwicklung zu ermöglichen (Suchodoletz, 2009).

Die Zielgruppe der Studie waren Vorschulkinder mit einer schwachen Sprachverständnisleistung, und zwar Kinder, die nach Einschätzung ihrer Erzieherinnen oft abgelenkt wirken, sich Dinge nur schwer merken und nicht zuhören können. Defizite des Sprachverständnisses werden im Alltag häufig nicht erkannt. Eltern von Kindern mit Sprachverständnisstörungen gehen davon aus, dass ihr Kind nur nicht zuhört, bzw. sich nicht richtig konzentriert (Petermann & Rißling, 2011; Tippelt & von Suchodoletz, 2011). Das Verstehen komplexer grammatischer Strukturen (Gebhard, 2005; Lorenz, 2005), intakte

Lautdiskriminationsfähigkeit (Johansen, 2000, 2002) und phonologische Fähigkeiten (Küspert & Schneider, 1999) sind wesentliche Bausteine für eine erfolgreiche Schullaufbahn. Ferner scheint ein eingeschränktes Lesesinnverständnis im Grundschulalter mit schwachen Sprachverständnisleistungen im Alter von 54 Monaten zu korrelieren (Justice et al., 2013).

Kinder mit Sprachverständnisstörungen verfügen häufig über ein eingeschränktes auditives Gedächtnis (Gebhard, 2005). Dieses trifft für die Probanden der Studie zu. Das phonologische Arbeitsgedächtnis hat einen wesentlichen Einfluss auf die Sprachentwicklung und spielt auch eine zentrale Rolle für den Lese-Rechtsschreiberwerb (Henry, 2012). Es gibt Hinweise dafür, dass bei erfolgreich therapierten Kindern mit überwundener Sprachentwicklungsverzögerung oder bei Kindern mit einem späten Sprechbeginn (Late Bloomers) die phonologische Fähigkeiten und das phonologische Arbeitsgedächtnis beeinträchtigt bleiben (Henry, 2012). Personen mit einem eingeschränkten phonologischen Arbeitsgedächtnis haben auch Probleme, Tonfolgen zu erkennen und zu behalten (Grube, 1998; Sallat, 2009, 2011).

Evaluationsstudien über die Wirksamkeit von Methoden der Sprachtherapie sind rar (Grohnfeldt, 2011). Für Schlesiger (2009) stellt sich u.a. die Frage, ob möglicherweise Therapiemethoden, die sich an der Sprachverarbeitung orientieren, effektiv sind. Nach dem patholinguistischen Ansatz von Kausche und Siegmüller (2006) liegt der Schwerpunkt der Sprachtherapie in der Aktivierung der verlangsamten bzw. stagnierenden Entwicklungsprozesse, um die „Dynamik des Spracherwerbs“ zu unterstützen (Siegmüller, 2009).

Aufgrund bisheriger Evidenzlage wird von sprachfreien Trainingsverfahren, darunter jede Art von Klangtherapie und Hörtrainingsverfahren mit Musik, zur Behandlung von auditiven Wahrnehmungsstörungen abgeraten (Karch et al., n.d.; Lauer, 2014; von Suchodoletz, 2005). Bei der zu untersuchenden Probandengruppe geht es um Kinder im Vorschulalter, bei denen aufgrund ihres Alters der Befund einer auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung nicht eindeutig möglich ist (Lauer, 2014). Es gibt Parallelen zwischen den Symptomen von Sprachverständnisstörungen und auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (Deuse, 2005; Rosenkötter, 2003).

Das untersuchende Verfahren, nämlich das AUDIVA-Hörwahrnehmungstraining, gehört zu den alternativen, sprachfreien Behandlungsverfahren. Bei der vorliegenden Evaluationsstudie ging es um einen Versuch, mithilfe von gängigen Testverfahren in einem Prä-Post-Vergleich einen evidenzbasierten Nachweis zu erbringen, damit das Verfahren ggf. als eine wirksame Behandlungsmethode anerkannt werden kann (von Suchodoletz, 2003, S. 22). Es gibt bereits Hinweise aus dem europäischen Raum, dass ein musikbasiertes Hörtraining zur signifikanten Verbesserungen sprachlicher Fähigkeiten beitragen kann (Korpilahti et al., 2002; de Zwaart, 2008).

In der Fragestellung ging es darum, zu überprüfen, ob das AUDIVA-Hörwahrnehmungstraining mit technisch veränderter Musik geeignet ist, Kinder im Vorschulalter mit Sprachverständnisstörungen

erfolgreich zu behandeln. Dazu mussten wesentliche Teilfunktionen festgelegt werden, die beobachtet werden sollten. In den Studien von Korpilahti et al. (2002) und de Zwart (2008) wurde nachgewiesen, dass sich u.a. die Lautdiskriminationsfähigkeit mithilfe eines auf Musik basierenden Hörtrainings signifikant gebessert hatte. Die Fähigkeit, Tonhöhen einerseits und Sprachlaute andererseits zu unterscheiden, hängt eng zusammen (Trainor et al., 2003). Nickisch und Massinger (2011) vermuten einen Zusammenhang zwischen Lautdiskriminationsdefiziten bei Kindern mit Leseschreibstörungen und der Unfähigkeit, Formantenübergänge wahrzunehmen. Formanten der Sprachlaute entsprechen den Resonanzen, die von Musikinstrumenten erzeugt werden (Joutsenvirta, 2005). Jeder Sprachlaut besitzt mehrere Formanten, die für seine Identifikation bedeutsam sind (Lennes, 2004; Wirth, 2000; vgl. 5.1.2). Die Bandbreite der Formanten mancher Laute ist sehr groß (Wirth, 2000). Für die Identifikation von Konsonanten ist die Wahrnehmung von hohen Frequenzen entscheidend (Wirth, 2000). Darüber hinaus wird die Wahrnehmung hoher Frequenzen mit Aufmerksamkeit verknüpft (Beckedorf & Müller, 2010). Aus den Prätestungen in der Aufgabe Hochtonverstehen > 4000 Hz und > 3000 Hz (siehe Abb. 14 und 15) wird deutlich, in welchem engen Frequenzbereich die Kinder ihre Umwelt auditiv wahrgenommen haben (vgl. Abb. 5 und 6). Eine weitere Anforderung an die auditive Verarbeitung und Wahrnehmung bezüglich der Lautdiskrimination ist die Verarbeitungsdauer (vgl. Abb. 4).

Aus diesen Überlegungen heraus wurde festgelegt, die Lautdiskriminationsfähigkeit und das Hochtonverstehen der Studienteilnehmer in einem Vorher-Nachher-Vergleich zu beobachten. Daran anknüpfend und beziehend auf die Annahme von Hasselhorn et al. (2000), dass die Kapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses von der Präzision der phonologischen Schleifenkomponente abhängig ist, wurde hypothetisch angenommen, dass sich aufgrund der besseren Wahrnehmung hoher Frequenzen das auditive Gedächtnis durch das Hörtraining verbessert. Der Einsatz von Musik bei der Behandlung von Sprachstörungen erscheint aufgrund der Erkenntnisse aus der musikpsychologischen Forschung als sehr naheliegend. Jones et al. (2009) kommen beispielsweise aufgrund ihrer Untersuchungen zu dem Schluss, Personen mit Problemen in der Lautdifferenzierung mit Methode zu behandeln, die auf Musik basieren.

Angesichts der eindeutigen Beweislage zugunsten von Musizieren ist es unverständlich, dass diese nur einen marginalen Stellenwert in der deutschen Erziehung und Bildung innehat. Laut Angaben des Verbandes deutscher Musikschulen (VdM) nahmen 2012 etwa 1,3 Mio. Schüler Musikunterricht. Von den Schülern sind 9,8 % älter als 18 Jahre. Der Anteil der Kinder unter 9 Jahren liegt bei 48,2 % (Statistische Angaben VdM). Nach dem statistischen Bundesamt betrug die Zahl der Schüler in Deutschland im Schuljahr 2011/2012 insgesamt 11,7 Mio. Das bedeutet, dass weniger als 10 % von ihnen in Musikschulen organisiert sind.

Die hohe Qualität des Unterrichts in finnischen grundbildenden Schulen dürfte durch PISA - Studien hinreichend belegt worden sein. In diesen Studien sind die Lehrpläne für den Musikunterricht und seine möglichen Auswirkungen nicht berücksichtigt worden. Der Musikunterricht beträgt zwar lediglich eine bis zwei Wochenstunden, er wird jedoch durch Fachlehrer erteilt und die Schulen verfügen grundsätzlich über genügend eigene Instrumente, mit denen alle Schüler je nach Fähigkeit von der Vorschule bis zur achten Klasse aktiv musizieren sollen (Savonlinnan Kaupungin perusopetusuunnitelma/musiikki 2008)¹⁶. Die Teilnahme an musikalischer Früherziehung ist in Finnland ebenfalls weit verbreitet (Putkinen, Tervaniemi & Huotilainen, 2013; vgl. 6.2.8).

In der musikpsychologischen Forschung wurden in den letzten Jahren zahlreiche Erkenntnisse gewonnen, die darauf hinweisen, dass Musik und aktives Musizieren sprachliche Fähigkeiten fördert, was darauf zurückzuführen ist (u.a. Jentschke & Koelsch, 2009, 2011), dass Musik und Sprache zum einen strukturelle Gemeinsamkeiten aufweisen. Zum anderen befindet sich die neuronale Verarbeitung von Musik und Sprache zum Teil in denselben Gehirnregionen, bzw. in sich überlappenden Regionen (Anvari, Trainor, Woodside & Levy, 2002; Jentschke & Koelsch, 2011; Koelsch & Friederici, 2003; Overy, 2003; Thompson, Schellenberg & Husain, 2003; Sallat, 2008,2009, 2011).

Bei den im Kapitel 7 vorgestellten Hörtrainingsverfahren mit Musik wird diese gezielt eingesetzt, indem wesentliche Parameter der Musik moduliert werden, um die Wirkung noch zu verstärken, bzw. gezielt einzusetzen. Die Wirkungsweisen werden als vielfältig beschrieben. In dieser Studie wurde die Wirkung des Hörtrainings auf festgelegte sprachbezogene Fähigkeiten untersucht. Bei dem verwendeten AUDIVA-Verfahren werden hohe Frequenzen verstärkt und tiefe zum Teil entfernt. Darüber hinaus beinhaltet das Hörtraining ein Lateraltraining, um die Hemisphärenkoordination zu verbessern. Ferner wird davon ausgegangen, dass die Musikauswahl einen weiteren Beitrag zur förderlichen Wirkung des Trainings beiträgt.

Die Datenerhebung für die vorliegende Studie fand in einem Zeitraum von März 2010 bis Juni 2013 statt. Teilgenommen haben neun Kindertageseinrichtungen und 92 Kinder im Alter zwischen 4 und 6 Jahren mit Sprachverständnisstörungen. Alle Kinder wurden in Bezug auf Sprachverständnisleistung und auditiven Gedächtnisleistungen ausgewählt. Das Sprachverständnis der Kinder wurde mit dem Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses, TROG-D (Fox, 2009) erhoben. Bei einer schwachen Leistung ($T \leq 40$ bzw. $T \leq 41$ je nach Altersgruppe) wurde das auditive Arbeitsgedächtnis mit dem Heidelberger auditiven Screening überprüft. Bei einem Ergebnis im Risikobereich haben die Kinder an der Studie teilgenommen. Die Experimentalgruppe ($n = 48$) hörte 12 Wochen lang in ihrem Kindergarten in einer Kleingruppe dreimal in der Woche je 30 min technisch veränderte Musik mit Kopfhörern. Eine weitere Gruppe bildete die Wartekontrollgruppe ($n = 37$). Eine dritte Gruppe, die

¹⁶ Lehrplan für Grundbildende Schulen der Stadt Savonlinna/Musik 2008.

pädagogische Fördergruppe (n = 31), wurde gesondert pädagogisch gefördert. Der zeitliche Rahmen dieser Förderung entsprach dem zeitlichen Rahmen des Hörtrainings der Experimentalgruppe. Beobachtet wurden im Prä-Post-Design das auditive Arbeitsgedächtnis, das Hochttonverstehen sowie die Fähigkeit Laute zu diskriminieren.

Die Hypothesen für die Studie lauteten:

Hypothese 1. Das Hörtraining verbessert das auditive Arbeitsgedächtnis.

Hypothese 2. Das Hörtraining verbessert das Hochttonverstehen.

Hypothese 3. Das Hörtraining verbessert die Lautdiskriminationsfähigkeit.

Zur Überprüfung des auditiven Arbeitsgedächtnisses wurde das Heidelberger auditive Screening herangezogen. Daraus wurden drei Aufgaben durchgeführt: *Nachsprechen von Sätzen*, *Wiederholen von Zahlenfolgen* und *Nachsprechen von Kunstwörtern*. Die Aufgabe *Nachsprechen von Sätzen* überprüft das Sprachverständnis und die Sprachproduktion. Das auditive Arbeitsgedächtnis ist an dieser Leistung beteiligt. Mit den Aufgaben *Wiederholen von Zahlenfolgen* und *Nachsprechen von Kunstwörtern* wird die phonologische Schleife in ihrer Leitungsfähigkeit eingeschätzt. Bei einem Teil der Kinder konnte mit der AUDIVA-Test-CD für die auditiven Funktionen zusätzlich noch das Hochttonverstehen ab 4000 Hz, 3000 Hz und ab 2000 Hz aufwärts und die Lautdiskriminationsfähigkeit im Prä-Post-Design überprüft werden. Die Ergebnisse wurden mit dem *t*-Test für Mittelwertvergleich bei unabhängigen Stichproben analysiert. Zusätzlich wurde die Effektgröße *d* ermittelt. Die *p*-Werte wurden aufgrund der Hypothesenformulierung gemäß der Testung einseitig bestimmt.

Hypothese 1, das Hörtraining verbessert das auditive Arbeitsgedächtnis, wird bestätigt.

Die Zugewinne der Differenzen der Experimentalgruppe im Prä-Post-Vergleich sind in allen Aufgaben des Heidelberger auditiven Screenings (HASE) sowohl gegenüber der Wartekontrollgruppe als auch der Pädagogischen Fördergruppe signifikant. Am größten war die Differenz in der Aufgabe *Nachsprechen von Kunstwörtern*, mit Effektgrößen von $d = 2.04$ gegenüber der Wartekontrollgruppe und $d = 1.90$ gegenüber der Pädagogischen Fördergruppe. In der Aufgabe *Wiederholen von Zahlenfolgen* war die Differenz zwar tendenziell kleiner, blieb jedoch in beiden Fällen signifikant ($\alpha < 0.05$).

Hypothese 2, das Hörtraining verbessert das Hochttonverstehen, wird zum Teil bestätigt.

In der Aufgabe Hochttonverstehen ab 4000 Hz aufwärts war die Mittelwertdifferenz der Hörtrainingsgruppe gegenüber beiden Kontrollgruppen signifikant, in der Aufgabe ab 3000 Hz aufwärts gegenüber der Wartegruppe signifikant und gegenüber der pädagogischen Fördergruppe tendenziell größer, aber knapp außerhalb des Signifikanzniveaus. Bei der Aufgabe Hochverstehen ab 2000 Hz aufwärts ist der Zugewinn im Vergleich zur Wartekontrollgruppe tendenziell größer. Jedoch sind beide Vergleiche zu den Kontrollgruppen nicht signifikant.

Hypothese 3, das Hörtraining verbessert die Lautdiskriminationsfähigkeit, wird zum Teil bestätigt.

Bezüglich der Lautdiskrimination ist der Zugewinn der Hörtrainingsgruppe gegenüber der Wartekontrollgruppe signifikant, nicht jedoch gegenüber der pädagogischen Fördergruppe.

Bezüglich der Wartekontrollgruppe sollte berücksichtigt werden, dass die Kinder fast ausschließlich aus Regelgruppen stammen, in denen 25 Kinder in einem Raum mit zwei Erzieherinnen den pädagogischen Alltag verbringen. In den sensiblen Phasen des Spracherwerbs kann Lärm die Entwicklung des phonologischen Arbeitsgedächtnisses verzögern und auf langer Sicht auch den Schriftspracherwerb beeinträchtigen (Hellbrück, 2008). Ungünstige raumakustische Bedingungen und irrelevante Sprache führen zu schlechteren Leistungen im kurzfristigen Speichern und Verarbeiten von komplexen mündlichen Anweisungen (Klatte et al., 2010a; 2010b; Wiedenmann, 2005).

Angesichts der hohen Relevanz des phonologischen Arbeitsgedächtnisses sowohl für die Sprachentwicklung als auch für den Lese-Rechtschreiberwerb sind die Ergebnisse bemerkenswert. Defizite im phonologischen Arbeitsgedächtnis bleiben bei Kindern mit einer verzögerten Sprachentwicklung nach einer erfolgreichen Sprachtherapie normalerweise bestehen, wie aus den Ausführungen im Kapitel drei hervorgeht (Henry, 2012). Bei beiden Kontrollgruppen stagnierten die Werte auch auf einem niedrigen Niveau. Dass es dennoch zu kleinen Steigerungen der Ergebnisse in den Textaufgaben in der kurzen Zeitspanne zwischen den Testzeitpunkten „Prä“ und „Post“ bei den Kontrollkindern kam, könnte u.a. damit zu erklären sein, dass die Kinder ihre Scheu vor der Untersucherin bei der erneuten Testung verloren hatten, weil sie den Erstkontakt mit ihr in der Regel als angenehm empfunden haben, und die Untersuchungssituation inzwischen kannten. Darüber hinaus kommt es in einer Testsituation auf die jeweilige Befindlichkeit der getesteten Person an - und selbstverständlich auf die des Testers selbst. Kinder machen immer wieder Entwicklungsschübe und die Rahmenbedingungen mögen an verschiedenen Tagen unterschiedlich sein.

Der Grammatikverständnistest TROG-D konnte in Posttestung aus zeitlichen Gründen nicht mehr durchgeführt werden. Daher konnte nicht überprüft werden, ob das Hörtraining Auswirkungen auf das Sprachverständnis hatte.

Ein großer Teil der Hörtrainingsgruppe konnte erst mehrere (5-6) Wochen nach Abschluss des Hörtrainings überprüft werden. Daher wurden die Ergebnisse innerhalb der Hörtrainingsgruppe nochmal in Abhängigkeit vom Beobachtungszeitraum überprüft. Es konnte jedoch kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Wirkung schien also zumindest einige Wochen überdauern zu haben. Ein weiterer Aspekt betraf Kinder mit heilpädagogischem Förderbedarf. In der gesamten Hörtrainingsgruppe gab es acht Kinder und in der pädagogischen Fördergruppe sieben Kinder mit heilpädagogischem Förderbedarf. Ihre Ergebnisse wurden herausgenommen und die Stichproben neu analysiert. Es gab auch hier keinen signifikanten Unterschied zu den Ergebnissen der Gesamtgruppen, sondern der Trend blieb in allen Aufgaben unverändert. Die erste Hypothese bezüglich des auditiven Arbeitsgedächtnisses konnte also ohne jede Einschränkung bestätigt werden.

Die Frage, wodurch die Wirkung erklärt werden kann, bleibt offen. Die Lautdiskriminationsfähigkeit der pädagogischen Fördergruppe hat sich in fast gleichem Maße verbessert wie die der Experimentalgruppe, dennoch stagnierten ihre Ergebnisse in der Aufgabe *Nachsprechen von Kunstwörtern* auf einem niedrigen Niveau. Die Erklärung kann daher nicht an der verbesserten Lautdiskriminationsfähigkeit der Kinder der Experimentalgruppe liegen. Die meisten Kinder der pädagogischen Fördergruppe wurden sprachlich gefördert, was ihre Lautdiskriminationsfähigkeit begünstigt haben mag. Die Lautdiskriminationsfähigkeit wurde mit einsilbigen Kunstwörtern getestet, was kaum Anforderungen an Koartikulation bzw. Arbeitsgedächtnis stellt. Die Differenz des Zugewinns bei Hochtonverstehen war gegenüber beiden Gruppen besonders ab 4000 Hz signifikant. Dies traf beim Frequenzbereich ab 3000 Hz, bzw. ab 2000 Hz gegenüber der pädagogischen Fördergruppe nicht mehr zu. Die sprachliche Förderung mag ihre Sprachwahrnehmung begünstigt haben.

Da keine objektiven Messverfahren, wie z.B. Mismatch Negativity (MMN), eingesetzt werden konnten, kann nur gemutmaßt werden, welcher Aspekt bzw. welche Aspekte des Hörtrainings ausschlaggebend gewesen sind. Das Hörtraining beinhaltet mehrere Aspekte, die einen Einfluss auf die Wirkung haben können. Zum einen werden besonders die hohen Frequenzen bis hin zum Ultraschallbereich trainiert und die tiefen zum Teil aus der Musik herausgeschnitten. Nach Tomatis wird der auditive Cortex besonders durch hohe Frequenzen mit Energie versorgt (Tomatis, 1996) bzw. die Aufmerksamkeit gefördert (siehe 6.1). Darüber hinaus dürfte die Wahrnehmung der hohen Formanten dadurch gebessert werden (Wirth, 2000; vgl. Abb. 5 und 6). Ferner wird die veränderte Musik abwechselnd links und rechts präsentiert, was als Lateraltraining bezeichnet wird und die Hemisphärenkoordination fördern soll (vgl. 10.5). Für die optimale Sprachverarbeitung ist die Zusammenarbeit der Hirnhälften unerlässlich (von Suchodoletz, 2005). Eine Möglichkeit ist, dass die Präzision in Bezug auf die Verarbeitungsdauer bei der Lautdiskrimination (vgl. Abb. 4) durch das Lateraltraining gefördert wird. Ferner mag die Musikauswahl, die Tomatis festgelegt hat, eine Rolle spielen (Beckedorf & Müller, 2010). Des Weiteren wird im AUDIVA-Verfahren ständig eine neue Stelle in der Musik verändert. Dem auditiven Cortex wird dadurch immer wieder eine Neuigkeit dargeboten, um Habituation zu vermeiden (vgl. 10.5). Möglicherweise erreichen die Kinder durch die technische Aufarbeitung der Musik den Zustand der Alpha- und Beta-Wellen, die im Konzept der Suggestopädie offenbar zum entscheidenden Lernerfolg beiträgt (Dostel, 2011). All diese Fragen können jedoch ohne objektive und bildgebende Messverfahren nicht beantwortet werden.

Einige wenige Kinder aus der Hörtrainingsgruppe zeigten keine oder nur geringe Zugewinne in den Testergebnissen. Welche Faktoren dabei eine Rolle gespielt haben, bleibt ebenfalls unklar. In der Studie konnte die Wirksamkeit des Hörtrainings auf auditive Fähigkeiten auf der funktionalen Ebene bei Vorschulkindern jedoch erfolgreich belegt werden. Die berechneten Effektgrößen untermauern

die Wirkung noch zusätzlich. Die Frage nach der Erklärung, welcher Aspekt des Trainings ausschlaggebend war, bleibt jedoch offen.

13 Ausblick

Die Ergebnisse der Evaluationsstudie zeigen deutlich, dass das Hörwahrnehmungstraining mit dem untersuchten Verfahren, dem AUDIVA-Hörwahrnehmungstraining, das ausgesuchte Musik von Mozart, Bach und Vivaldi technisch verändert und darüber hinaus noch die Komponente des Lateraltrainings beinhaltet, sehr effektiv die auditiven und phonematischen Fähigkeiten verbessert. Im Vergleich zur logopädischen Einzeltherapie, in der die auditiven und phonologischen Defizite trotz erfolgreicher Therapie bei spezifischen Sprachentwicklungsstörungen bestehen bleiben (Henry, 2012) oder zur Einzelförderung über mehrere Monate, wie in der Studie von Scholz (2006), ist das Hörtraining sehr effizient. Immerhin wurden die Hörtrainingsgruppen in den an der Studie teilgenommenen Kindertagesstätten nur von einer einzigen Person betreut, obwohl die Gruppengröße bis zu zehn Kinder betrug. Das Hörtraining dauerte 12 Wochen und umfasste maximal 36 Sitzungen. Es fand in einer Gruppensituation statt, in der die auditive Stimulation nebenbei lief, und die Kinder frei einer stillen Beschäftigung nachgehen können. Es wurden keinerlei sprachliche Inhalte thematisiert.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass das verwendete Hörtraining sehr wirksam eine Schlüssel-funktion, das phonologische Arbeitsgedächtnis, verbessert, indem es vermutlich durch die verbesserte Lautwahrnehmung die Präzision der phonologischen Schleife steigert (Hasselhorn et al., 2000). Daher dürfte es sich besonders gut als Ergänzung zur Sprachtherapie bei Sprachentwicklungsstörungen oder auch in pädagogischen Einrichtungen für die Sprachförderung eignen. Es könnte die Dynamik des Spracherwerbs (Siegmüller, 2009) beschleunigen, indem es das auditive Arbeitsgedächtnis in einem überragenden Ausmaß verbessert.

Das Studiendesign sah keine Follow-up-Testung vor. Als einen Hinweis für die nachhaltige Wirkung des Trainings könnten allerdings die Ergebnisse der 16 Kinder der Hörtrainingsgruppe betrachtet werden, die erst fünf bis acht Wochen nach Abschluss des Hörtrainings getestet werden konnten (vgl. Abschnitt 11.3). Ihre Ergebnisse entsprechen etwa den Ergebnissen der Kinder, die unmittelbar nach Ende des Hörtrainings getestet worden waren.

Möglicherweise geben die Ergebnisse der Studie eine neue Perspektive zu der Frage, wie man einigen Kindern im Schulalter effektiv helfen kann, die bereits manifeste Probleme im Verhalten und Lernen aufweisen. Die vorgestellten Studien aus den Niederlanden und Finnland, die die Wirksamkeit

einer anderen Hörtrainingsmethode mit Musik bestätigen, könnten neben der vorliegenden Arbeit als Basis für weitere Evaluationen dienen.

Darüber hinaus liefern zahlreiche Studien aus der musikpsychologischen Forschung eindrucksvolle Belege für die zentrale Bedeutung des Musizierens. Musikunterricht und Musik fördern offenbar die sprachliche Entwicklung von Kindern. Sie sollten daher als wichtige Säule in den Curricula der allgemeinbildenden Schulen betrachtet werden.

Literaturverzeichnis

Amorosa, H. & Noterdaeme, M. (2003). *Rezeptive Sprachstörungen - Ein Therapiemanual*. Göttingen: Hogrefe.

Angermeier, M.J.W. (2007). *Entwicklungstest Sprache ETS 4-8*. Frankfurt a. M.: Pearson Assessment.

Anvari, S.H., Trainor, L.J., Woodside, J. & Levy, B.A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing and early reading abilities in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83, 111-130.

AUDIVA. <http://www.audiva.de>.

AUDIVA (2003). AUDIVA-Test-CD für die auditiven Funktionen. Kander: AUDIVA.

Auhagen, W. (2008). Rhythmus und Timing. In H. Bruhn, R. Kopiez & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie - Das neue Handbuch* (S. 437-457). Reinbek: Rowohlt.

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.

Baddeley, A.D., Gathercole S. & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105, 158-173.

Bauer, J. (2006). *Prinzip Menschlichkeit - Warum wir von Natur aus kooperieren*. Hamburg: Hoffmann und Campe.

Beckedorf, D. & Müller, F. (2009). *Systemische Hörtherapie. Ausbildungsunterlagen zur systemischen Hörtherapie*. Bremen: Auris Integralis.

Beckedorf, D. & Müller, F. (2010). *Von der Resonanz zur Bindung*. Berlin: Ulrich Leutner Verlag.

Benaudira. *Broschüren*. <http://www.benaudira.de>.

Bishop, D.V.M. (1992). The underlying nature of specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 33, 3-66.

Boets, B., Wouters, J., Wieringen, A. van & Ghesquiere, P. (2007). Auditory Processing, speech perception and phonological ability in pre-school children at high-risk for dyslexia: A longitudinal study of auditory temporal processing theory. *Neuropsychologia*, 45, 1608-1620.

Böhme, G. (2006). *Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS) im Kindes- und Erwachsenenalter*. Bern: Huber.

Bormann, S. (2004). Gal'perins Schule heute – Neue Forschungen zum Verhältnis von Wissenschaft und Unterricht in der russischen Psychologie. In W. Jantzen (Hrsg.), *Die Schule Gal'perins - Tätigkeits-theoretische Beiträge zum Begriffserwerb im Vor- und Grundschulalter* (S. 53-150). Berlin: Lehmanns Media.

Bundesverband Legasthenie und Dyskalkulie. Zugriff am 14.3.2014 unter <https://bvl-legasthenie.de/>

Burger-Gartner, J. & Heber, D. (2006). *Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen bei Vorschulkindern - Therapie und Diagnostik*. Dortmund: Verlag modernes Lernen.

Chan, A.S., Ho Y.C. & Cheung, M.C. (1998). Music training improves verbal memory. *Nature*, 396, 128.

Cheoun, M., Leppänen, P. & Kraus, N. (2000). Mismatch negativity (MMN) as a tool for investigating auditory discrimination and sensory memory in infants and children. *Clinical Neurophysiology*, 111, 4-16.

Christiansen, C. (2002). *Förderung der phonologischen Bewusstheit zur Vorbeugung von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten - Übungsbuch für den Kindergarten und den Schulanfang* (3. überarbeitete und erweiterte Aufl.). Ministerium für Bildung und Frauen des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.). Kronshagen: Druckerei Joost.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd Ed.). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.

Cross, I. (2001). Music, cognition, culture, evolution. *Annals of New York Academy of Sciences*, 930, 28-42.

Cummins, J. (1999). BISC and CALP: Clarifying the distinction. *Opinion Papers. Educational Resources Information Center (ERIC) No: ED438551*. Zugriff am 5.3.2014 unter <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED438551.pdf>

Dannenbauer, F.M. (2005). Sprachwissenschaftliche Grundlagen. In M. Grohnfeldt (Hrsg.), *Lehrbuch für Sprachheilpädagogik und Logopädie* (Band 1, S. 111-161). Stuttgart: Kohlhammer.

Deuse, A. (2005). Von der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung zum Sprachverstehen. In P. Arnoldy & B. Traub (Hrsg.), *Sprachentwicklungsstörungen früh erkennen und behandeln. XXVI. Kongress „Werkstatt Sprachheilpädagogik“ der deutschen Gesellschaft für Sprachheilpädagogik* (S. 51-61). Karlsruhe: von Loeper Literaturverlag.

Deuster von, C. (1997). Peripheres Hörvermögen und auditive Wahrnehmung. In M. Frostig: *Auditive Wahrnehmung – Lernschwierigkeiten angehen – gemeinsam mit allen Beteiligten. Internationale Frostig-Gesellschaft. Jahrestagungen 1995 und 1996* (S. 13-20). Dortmund: Borgmann.

DGPP (n. d.) Konsensus-Papier "Hörtraining" nach TOMATIS und "Klangtherapie". Stellungnahme der Gesellschaft für Neuropädiatrie, der ADANO in der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie und der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. Zugriff am 5.3.2014 unter http://www.dgpp.de/Profi/Sources/cons_tomat.pdf

Döpfner, M. (2002). Hyperkinetische Störungen. In F. Petermann (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Kinderpsychologie und-psychotherapie* (5. korr. Aufl., S. 151-186). Göttingen: Hogrefe.

Dostel, C. (2011). *Qualitätsverbesserung des Schulunterrichts durch lerntyporientierte Suggestopädie*. Stuttgart: ibidem Verlag.

Esser, G. & Wyschkon, A. (2002). Umschriebene Entwicklungsstörungen. In F. Petermann (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Kinderpsychologie und -psychotherapie* (5. korr. Aufl., S. 409-430). Göttingen: Hogrefe.

Fachner, J. (2008). Musik und veränderte Bewusstseinszustände. In H. Bruhn, R. Kopiez & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie - Das neue Handbuch* (S. 413-436). Reinbek: Rowohlt.

Franke, U. (2001). *Logopädisches Handlexikon* (6. Aufl.). München: Ernst Reinhardt.

Fricke, J.P. & Louven, C. (2008). Psychoakustische Grundlagen des Musikhörens. In H. Bruhn, R. Kopiez & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie - Das neue Handbuch* (S. 413-436). Reinbek: Rowohlt.

Fox, A.V. (Hrsg.) (2009). *TROG-D - Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses*. Idstein: Schulz-Kirchner.

Gaab, N., Tallal, P., Kim, H., Lakshminarayanan, K., Archie, J.J., Glover, G.H. & Gabrieli, J.D.E. (2005). Neural correlates of rapid spectrotemporal processing in musicians and nonmusicians. In G. Avanzini, L. Lopez, S. Koelsch & M. Majno (Ed.), *The Neuroscience and Music II - From Perception to Performance*. *Annals New York Academy of Sciences*, 1060, 82-88.

Gathercole, S. & Baddeley, A. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children. Is there a causal connection? *Journal Educational Psychology*, 29, 336-360.

Gathercole, S.E. & Hitch, G. J. (1993). Developmental changes in short-term memory: A revised working memory perspective. In A.F. Collins (Ed.), *Theories of Memory I* (S. 188-209). Hove, East Sussex, UK: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.

Gebhard, W. (2005). Zur Diagnostik von Sprachverständnisstörungen im Grundschulalter. In P. Arnoldy & B. Traub (Hrsg.), *Sprachentwicklungsstörungen früh erkennen und behandeln. XXVI. Kongress „Werkstatt Sprachheilpädagogik“ der deutschen Gesellschaft für Sprachheilpädagogik*. (S. 96-99). Karlsruhe: von Loeper Literaturverlag.

Goddard-Blythe, S. (2009). *Greifen und Begreifen - Wie Lernen und Verhalten mit frühkindlichen Reflexen zusammenhängen*. Kirchzarten bei Freiburg: VAK-Verlags GmbH.

Gervain, J. & Werker, J.F. (2013, Febr. 14.). Prosody cues word order in 7-month-old bilingual infants. *Nature Communications*. Zugriff am 5.3.2014 unter

<http://www.nature.com/search/executeSearch?pub-date-mode=exact&sp-q-1=NCOMMS&sp-q=&sp-q-10=14&sp-q-11=02&sp-q-12=2013&sp-start-month=&sp-start-year=&sp-end-month=&sp-end-year=>

Grimm, H. (1998). Sprachentwicklung – allgemeintheoretisch und differenziell betrachtet. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (S. 705-757). Weinheim: Beltz.

Grimm, H., Aktas, M. & Frevert, S. (2000). *SETK-2 - Sprachentwicklungstest für 2-jährige Kinder*. Göttingen: Hogrefe.

Grimm, H. (2001). *SETK 3-5 - Sprachentwicklungstest für 3- bis 5-jährige Kinder*. Göttingen: Hogrefe.

Grimm, H. (2003). *Störungen der Sprachentwicklung*. Göttingen: Hogrefe.

Grimm, H. (2005). Diagnose sprachlicher Entwicklungsstörungen im Vorschulalter: Was wird wann und warum diagnostiziert? In P. Arnoldy & B. Traub (Hrsg.), *Sprachentwicklungsstörungen früh erkennen und behandeln. XXVI. Kongress „Werkstatt Sprachheilpädagogik“ der deutschen Gesellschaft für Sprachheilpädagogik* (S. 105-122). Karlsruhe: von Loeper Literaturverlag.

Grohnfeldt, M. (2011). Überlegungen zu einer Sprachtherapie als Wissenschaft. *Sprachheilarbeit*, 122-130.

Grube, D. (1996). Verarbeitung akustische dargebotener Zeitintervalle im Sekundenbereich - Eine Leistung der phonologischen Schleife des Arbeitsgedächtnisses? *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 43, 527-546.

Grube, D. (1998). Die Kapazität des phonetischen Speichers des Arbeitsgedächtnisses als „auditive Präsenzzeit“ und ihr Einfluss auf die Reproduktion von Zeitmustern. In U. Kotkamp & W. Krause (Hrsg.), *Intelligente Informationsverarbeitung* (S. 225-231). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

Grube, D., Hasselhorn, M. & Weiss, J. (1998). Altersdefizite im phonologischen Arbeitsgedächtnis - Spielt die Verarbeitungspräzision des phonetischen Speichers eine Rolle? *Zeitschrift für Gerontopsychologie &-psychiatrie*, 11, 3-11.

Grube, D. (2006). *Entwicklung des Rechnens im Grundschulalter*. Münster: Waxmann.

Hannon, E.E. & Schellenberg, E.G. (2008). Frühe Entwicklung von Musik und Sprache. In H. Bruhn, R. Kopiez & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie - Das neue Handbuch* (S. 131-143). Reinbek: Rowohlt.

Hannon, E.E. & Trainor, L.J. (2007). Music acquisition: Effects of enculturation and formal training on development. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 467-472.

Hansen-Lauff, T. & Sanne, K. (2010). *Johansen Individualisierte Auditive Stimulation (JIAS). Ausbildungsunterlagen zum Einführungskurs*. Laboe: JIAS.

Hasselhorn, M. & Gold, A. (2009). *Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren* (2. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Hasselhorn, M., Grube, D. & Mähler, C. (2000). Theoretisches Rahmenmodell für ein Diagnostikum zur differenziellen Funktionsanalyse des phonologischen Arbeitsgedächtnisses. In M. Hasselhorn, W. Schneider & H. Marx (Hrsg.), *Diagnostik von Lese-Rechtsschreibschwierigkeiten* (S. 168-180). Göttingen: Hogrefe.

Hellbrück, J. (2008). Das Hören in der Umwelt des Menschen. In H. Bruhn, R. Kopiez, & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie - Das neue Handbuch* (S. 17-36). Reinbek: Rowohlt.

Henry, L. (2012). *Working Memory in Children*. London: SAGE Publications.

Hess, M.M. (2001). Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen im Kindesalter. *HNO*, 593-597.

Hesse, G., Nelting, M., Mohrmann, B., Laubert, A., & Ptok, M. (2001). Die stationäre Intensivtherapie bei auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen im Kindesalter. *HNO*, 636-641.

Hulme, C. (1984). Developmental differences in the effects of acoustic similarity on memory span. *Developmental Psychology*, 20, 650-652.

ILMES. *Internet-Lexikon der Methoden der empirischen Sozialforschung*. Zugriff am 5.3.2014 unter <http://psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2004/260/html/ilmes.htm>

Jahn, T. (2001). *Phonologische Störungen bei Kindern - Diagnostik und Therapie*. Stuttgart: Thieme.

Jansen, H., Mannhaupt, G., Marx & H., Skowronek, H. (1999). *Bielefelder Screening zur Früherkennung von Lese-Rechtsschreibschwierigkeiten (BISC)*. Göttingen: Hogrefe.

Janssen, J. & Laatz, W. (2010). *Statistische Datenanalyse mit SPSS* (7. neu bearbeitete und erweiterte Aufl.). Heidelberg: Springer.

Jansson-Verkasalo, E., Čeponiene, R., Valkama, M., Vainionpää, L., Laitakari, K., Alku, P., Suominen, K. & Näätänen, R. (2003). Deficient speech-sound processing, as shown by electrophysiologic brain mismatch negativity response, and naming ability in prematurely born children. *Neuroscience Letters*, 348, 5-8.

Jentschke, S., Koelsch, S. & Friederici, A. (2005) Investigating the relationship of music and language in children - Influences of musical training and language impairment. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1060, 231-242.

Jentschke, S. & Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *NeuroImage*, 47, 735-744.

Jentschke, S. & Koelsch, S. (2011). Neurokognition von Musik und Sprache. *Sprachheilarbeit*, 178-185.

Johansen, K. (2000, Nov. 10th-11th). *Hearing, central auditory processing disorders and reading problems*. Paper presented at the 51st Annual Conference of the International Dyslexia Association in Washington DC.

Johansen, K. (2002). Dyslexia, auditory laterality and hemisphere-specific auditory stimulation. *Nordic Journal of Special Needs Education*, 258-271.

Johansen, K. (2011, September). *Hearing, the basis of learning*. Paper presented at "Ruch, Wzrok, Sluch- Podstawa uczenia się" (Movement, Vision, Hearing - The Basis of Learning) Akademii Pedagogiki Specjalnej im Marii Grzegorzewskiej, Warszawa.

Jones, J.L., Lucker, J., Zalewski, Chr., Brewer, C. & Drayna, D. (2009). Phonological processing in adults with deficits in musical pitch recognition. *Journal of Communication Disorders*, 42, 226-234.

Jourdain, R. (2001). *Das wohltemperierte Gehirn - Wie Musik im Kopf entsteht und wirkt*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Joutsenvirta, A. (2005): Akustiikan perusteet (Grundlagen der Akustik). Sibelius Akatemia (Hrsg.). Zugriff am 5.4.2014 unter <http://www.2siba.fi/akustiikka/?id=15>

Justice, L., Mashburn, A. & Petscher, Y. (2013). Very early language skills of fifth-grade poor comprehenders. *Journal of Research in Reading*, 36, 172-185.

Karch, D., Uttenweiler, V., Groß-Selbeck, G., Kruse, E., Rating, D., Ritz, A., Schlack, H.G. & Wedel, H. von. „HÖRTRAINING“ NACH TOMATIS UND „KLANGTHERAPIE“. Zugriff am 5.3.2014 unter http://www.neuropaediatrie.com/fileadmin/user_upload/pdfs/Tomatis_lang.pdf

Kauschke, C. & Siegmüller, J. (2009). *Patholinguistische Diagnostik bei Sprachentwicklungsstörungen - PDSS*. München: Elsevier, Urban & Fischer.

Kiesel, A. & Koch, I. (2012). *Lernen. Grundlagen der Lernpsychologie*. Wiesbaden: Springer.

Klatte, M., Lachmann, T. & Meis, M. (2010a). Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting. *Noise & Health*, 270-282.

Klatte, M., Lachmann, T., Schlittmeier, S. & Hellbrück, J. (2010b). The irrelevant sound effect in short-term memory - Is there developmental change? *European Journal of Cognitive Psychology*, 22, 1168-1191.

Kleener, H. (1962). *The Volfair-method - Diagnostic manual - Primarily for working with Learning Difficulties*. K. Johansen (Ed.), (Ausgabe 2005). Danskerens Forlag (Ort unbekannt).

Koelsch, S. & Jentschke, S. (2009). Differences in electric brain responses to melodies and chords. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 1-12.

Koelsch, S. & Friederici, A.D. (2003). Toward the neural basis of processing structure in music. In G. Avanzini, C. Falenza, D. Minicacchi, L. Lopez & M. Majno (Eds.), *The Neuroscience and Music. Annals of New York Academy of Sciences*, 999, 15-28.

Koelsch, S. & Schröger, E. (2008). Neurowissenschaftliche Grundlagen der Musikwahrnehmung. In H. Bruhn, R. Kopiez, & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie - Das neue Handbuch* (S. 393-412). Reinbek: Rowohlt.

Korpilahti, P., Čeponiene, R. & Näätänen, R. (2002, June 14-19). *Neurofunctional Correlates of Auditory Perception and Discrimination Training at the School Age*. Poster at Science of Aphasia. Acquafredda di Maratea, Italy.

Küspert, P. & Schneider, W. (1999). *Hören – lauschen – lernen. Sprachspiele für Kinder im Vorschulalter - Würzburger Trainingsprogramm zur Vorbereitung auf den Erwerb der Schriftsprache*. Göttingen: Vanderhoek & Ruprecht.

Lauer, N. (2001). *Zentral-auditive Verarbeitungsstörungen im Kindesalter* (2. überarbeitete Aufl.). Stuttgart: Thieme.

Lauer, N. (2014). Evidenzbasierte Betrachtung auditiver Verarbeitungsstörungen – Ein Überblick über AVS und die aktuelle Evidenzlage. *Forum Logopädie*, 28, 6-14.

Lenes, M. (2004). Praat-ohjelman esittely: Formanttianalyysi (Vorstellung des Praat-Programms: Formantenanalyse). Zugriff am 5.4.2014 unter <http://www.helsinki.fi/puhetieteet/atk/praat/node39.html>

Lindner, M. & Grisseman, H. (1968). *Zürcher Lesetest*. Bern: Huber.

Locke, J.L. (1997). A theory of neurolinguistic development. *Brain and Language*, 58, 265-336.

Lorenz, J.H. (2005). Mathematikverstehen und Sprachrezeptionsstörungen in den Eingangsklassen. In P. Arnoldy & B. Traub (Hrsg.), *Sprachentwicklungsstörungen früh erkennen und behandeln, XXVI. Kongress „Werkstatt Sprachheilpädagogik“ der deutschen Gesellschaft für Sprachheilpädagogik* (S. 105-122). Karlsruhe: von Loeper Literaturverlag.

Lürssen, U. (2003). *Untersuchung zum Wortschatz und phonologischen Arbeitsgedächtnis bei Cochlea-Implantat-versorgten Kindern*. Frankfurt a. M.: Peter Lang - Europäischer Verlag der Wissenschaften.

Lurija, A. (2001). *Das Gehirn in Aktion. Einführung in die Neuropsychologie*. (Deutsche Erstausgabe 1992, Originalausgabe 1973). Reinbek: Rowohlt.

Magne, C., Schön, D. & Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children - Behavioral and electrophysiological approaches. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 199-211.

Manassi., S. (1992). Pädagogik des Horchens - Eine Einführung. In A. Tomatis. *Der Klang des Lebens - Vorgeburtliche Kommunikation – Anfänge der seelischen Entwicklung* (S. 9-34). Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag.

Mathieu, S. (2010). Wörter lernen, Bedeutungen entdecken. *Interdisziplinär*, 18, 128-136.

Miasnikov, L.L. & Miasnikova, E.N. (1969). Ultrasonic speech components. *Acustica*, 21, 118-120.

Miehling, K. (2006). *Gewaltmusik - Musikgewalt. Populäre Musik und die Folgen*. Würzburg: Königshausen & Neumann.

Moreno, S. & Besson, M. (2005). Influence of musical training on pitch processing - Event-related brain potential studies of adults and children. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1060, 93-97.

Natke, U. (2005). *Stottern - Erkenntnisse, Theorien, Behandlungsmethoden* (2. vollständig überarbeitete und ergänzte Aufl.). Bern: Huber.

Nennstiel-Ratzel, U. (2011). Neugeborenen-Hörscreening - Erfahrungen aus dem Modellprojekt - Herausforderungen der neuen Kinderrichtlinie. In T. Hellbrügge & B. Schneeweiß (Hrsg.), *Frühe Störungen behandeln – Elternkompetenz stärken* (S. 165-168). Stuttgart: Klett-Cotta.

Nickisch, A., Heber, D. & Burger-Gartner, J. (2001). *Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen bei Schulkindern - Diagnostik und Therapie*. Dortmund: Verlag modernes Lernen.

Nickisch, A. & Massinger, C. (2011). Sprachfreie auditive Verarbeitung bei Kindern mit spezifischer Sprachentwicklungsstörung (SSES). In T. Hellbrügge & B. Schneeweiß (Hrsg.), *Frühe Störungen behandeln - Elternkompetenz stärken* (S. 268-272). Stuttgart: Klett-Cotta.

Näätänen, R. (2001). The perception of speech sound by human brain as reflected by the mismatch negativity (MMN) and its magnetic equivalent (MMNm). *Psychophysiology*, 38, 1-21.

Näätänen, R., Paavilainen, P., Rinne, T. & Alho, K. (2007). The mismatch negativity in basic research of central auditory processing. *Clinical Neurophysiology*, 118, 2544-2590.

Oakhill, J. & Kyle, F. (2000). The relation between phonological awareness and working memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 75, 152-164.

Ochsenkühn, C. & Thiel, M.M. (2005). *Stottern bei Kindern und Jugendlichen - Bausteine einer mehrdimensionalen Therapie*. Heidelberg: Springer.

Overy, K. (2003). Dyslexia and music - from timing deficits to musical intervention. *Annals of New York Academy of Sciences*, 999, 497-505.

Palo, J. & Savolainen, H. (1973). The proteins of human myelin in inborn errors of metabolism and in chromosomal anomalies. *Acta Neuropathologica*, 24, 56-61.

Papoušek, M. (2001). *Vom ersten Schrei zum ersten Wort - Anfänge der Sprachentwicklung in der vorsprachlichen Kommunikation* (3. Nachdruck der 1. Aufl.). Bern: Hans Huber.

Partanen, E., Kujala, T., Tervaniemi, M. & Huotilainen, M. (2013). Prenatal music exposure induces long-term neural effects. Zugriff am 15.3.2014 unter <http://www.plos.org/wp-content/uploads/2013/05/pone-08-10-partanen.pdf>

Patel, A.D. & Daniele, J.R. (2003). An empirical comparison of rhythm in language and music. *Cognition*, 87, B35-B45.

Patel, A.D. (2003). Rhythm in language and music - Parallels and differences. *Annals of New York Academy of Sciences*, 999, 140-143.

Patel, A.D. (2012). The OPERA hypothesis - assumptions and clarifications. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1252, 124-128.

Pschyrembel®. *Klinisches Wörterbuch* (2004, 260. Aufl.). Berlin: de Gruyter.

PEKU Luki-kuntoutuspalvelut, Ylä-Savon Luki-yhdistys ry Lapinlahti (2007) [PEKU, LRS - Rehabilitationsdienstleistungen, LRS-Verein der Provinz Ylä-Savo e.V., Lapinlahti, Finnland] (Hrsg.), PEKU Luki-kuntoutusprojekt 1.1.2001–30.6.2007, Lukemis- ja kirjoitushäiriöiden sensomotorisen kuntoutuksen käynnistämiseen [PEKU LRS-Rehabilitationsprojekt, 1.1.2001-30.6.2007 zur Aktivierung der sensomotorischen Rehabilitation von Lese-Rechtschreibstörung]. Zugriff am 3.3.2014 unter http://www.24hravi.net/images/news_large/145_@_loppuraportti_osat_1_2_3.pdf

Penner, Z. (2006). *Sehr frühe Förderung als Chance*. Köln: Bildungsverlag EINS.

Petermann, F., Fröhlich, L.P., Metz, D. & Koglin, U. (2010). *Elternbasierte Sprachförderung im Vorschulalter - Das Lobo-Programm*. Göttingen: Hogrefe.

Petermann, F. & Rißling, J.K. (Hrsg.) (2010). *Sprachstandserhebungstest für Kinder im Alter zwischen 5-10 Jahren (SET 5-10)*. Göttingen: Hogrefe.

Petermann, F. & Rißling, J.K. (2011). Sprachdiagnostik im Vor- und Grundschulalter. *Sprachheilarbeit*, 131-137.

Pietsch, M. (2011). Chancen früher Entwicklungsrehabilitation - ein Erfahrungsbericht. In T. Hellbrügge & B. Schneeweiß (Hrsg.), *Frühe Störungen behandeln - Elternkompetenz stärken* (S. 169-179). Stuttgart: Klett-Cotta.

Pinel, J.P.J. (2001). *Biopsychologie* (2. deutsche Ausgabe). Boucsein, W. (Hrsg.). Heidelberg: Spektrum.

Plahl, C. (2008). Musiktherapie - Praxisfelder und Vorgehensweisen. In H. Bruhn, R. Kopiez & A. C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie - Das neue Handbuch* (S. 630-652). Reinbek: Rowohlt.

Plahl, C. (2011). Mit Musik zur Sprache - Musik als therapeutisches Medium in der Behandlung von Sprach- und Kommunikationsstörungen. *Sprachheilarbeit*, 204-211.

Ptok, M., Berger, R., Deuster, C. von, Gross, M., Lamprecht-Dinnesen, A., Nickisch, A., H.J. Radü, H.J. & Uttenweiler, V. (2000). Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen. *Konsensus-Konferenz. Konsensus - Statement. HNO*, 357-360.

Putkinen, V., Tervaniemi, M. & Huotilainen, M. (2013). Informal musical activities are linked to auditory discrimination and attention in 2-3-year-old children - an event-related potential study. *European Journal of Neuroscience*, 37, 654-661.

Quast, U. (2005). *Leichter Lernen mit Musik - Theoretische Prämissen und Anwendungsbeispiele für Lehrende und Lernende*. Bern: Verlag Hans Huber.

Raddarz, H. (2012). *Hörtherapie Benaudira*. Vortrag am 3.11.2012 bei einer internen Fortbildung der Deutschen Gesellschaft neurophysiologischer Entwicklungsförderer e.V., Hannover.

Roden, I., Kreutz, G. & Bongard, S. (2012). Effects of a school-based instrumental music program on verbal and visual memory in primary school children - a longitudinal study. *Frontiers in Psychology*, 3, 572.

Roden, I., Grube, D., Bongard, S. & Kreutz, G. (2013). Does music training enhance working memory performance? Findings from a quasi-experimental study. *Psychology of Music*. Zugriff am 3.3.2014 unter <http://pom.sagepub.com/content/early/2013/03/12/0305735612471239>

Rohkamm, R. (Hrsg.) (2003). *Taschenatlas Neurologie*. (2. neu bearbeitete Aufl.). Stuttgart: Thieme.

Rosenkötter, H. (2000). *Hören, auditive Hypersensibilität und auditives Wahrnehmungstraining*. Auditive Wahrnehmung und Hörtraining. 3. Arbeitstagung 2000. Ludwigsburg: AUDIVA-Verlag.

Rosenkötter, H. (2003). *Auditive Wahrnehmungsstörungen*. Stuttgart : Klett-Cotta.

Roth, G. (1997). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit - Kognitive Neuropsychologie und ihre philosophischen Konsequenzen* (überarbeitete 5. Aufl. 1996; 1. Aufl. 1997, Textidentisch mit der 5. Aufl.). Berlin: Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft.

Sachse, S. (2005). Früherkennung von Sprachentwicklungsstörungen. In W., Suchodoletz von (Hrsg.), *Früherkennung von Entwicklungsstörungen* (S. 155-189). Göttingen: Hogrefe.

Sachse S. (2007). *Neuropsychologische und neurophysiologische Untersuchungen bei Late Talkers im Quer- und Längsschnitt*. München: Dr. Hut.

Sachse, S. & Suchodoletz von, W. (2011). Möglichkeiten der Früherkennung von Sprachentwicklungsstörungen im Säuglingsalter und zum Zeitpunkt der U6. In T. Hellbrügge & B. Schneeweiß (Hrsg.), *Frühe Störungen behandeln - Elternkompetenz stärken* (S. 187-203). Stuttgart: Klett-Cotta.

Sallat, S. (2008). *Musikalische Fähigkeiten im Fokus von Sprachentwicklung und Sprachentwicklungsstörungen*. Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag.

Sallat, S. (2009). Der Ton macht die Musik – und die Sprache. *Interdisziplinär*, 84-92.

Sallat, S. (2011). Hilft Musik sprachentwicklungsgestörten Kindern? Musik im normalen und gestörten Spracherwerb. Does music help language impaired children? Music in normal and impaired language acquisition. *Sprachheilarbeit*, 186-193.

Savonlinnan Kaupungin perusopetussuunnitelma / musiikki [Lehrplan für Grundbildende Schulen der Stadt Savonlinna / Musik]. Zugriff am 3.3.2014 unter http://m.savonlinna.fi/filebank/1853-Savonlinnan_perusopetuksen_ops.pdf

Scheich, H. (2003, 18. Sept.). Lernen unter der Dopamindusche - Was uns Versuche an Mäusen über die Mechanismen des menschlichen Gehirns verraten. *Die Zeit*, Nr. 39. Zugriff am 5.3.2014 unter http://www.zeit.de/2003/39/Neurodidaktik_2

Schlesiger, C. (2001). *Sprachverstehen bei spezifischer Sprachentwicklungsstörung - Grundlagen und Diagnostik*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.

Schlesiger, C. (2009). Zur Bedeutsamkeit des kindlichen Wortschatzerwerbs. *Sprachheilarbeit*, 255-262.

Schneider, W. & Küspert, P. (2003). Frühe Prävention der Lese-Rechtschreibstörungen. In W. von Suchodoletz (Hrsg.), *Therapie bei Lese-Rechtschreibstörungen (LRS) - Traditionelle und alternative Behandlungsmethoden im Überblick* (S. 108-128). Stuttgart: Kohlhammer.

Schöler, H. & Brunner, M. (2008). *Heidelberger auditives Screening in der Einschulungsuntersuchung*. (2. überarbeitete Aufl.). Binswangen: WESTRA.

Schönauer-Schneider, W. (2008). Monitoring des Sprachverstehens (MSV) - comprehension monitoring - Welche Bedeutung hat es für Kinder mit rezeptiven Sprachstörungen? *Sprachheilarbeit*, 72-82.

Scholz, S. (2006). *Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen im Vorschulalter Möglichkeiten der Prävention von Teilleistungsstörungen*. Berlin: Dissertation.de.

Schón, D., Magne, C. & Besson, M. (2004). The music of speech - Music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology*, 41, 341-349.

Shafer, V.L., Ponton, C., Hia Datta, Morr, M.L. & Schwartz, R.G. (2007). Neurophysiological indices of attention to speech in children with language impairment. *Clinical Neurophysiology*, 118, 1230-1243.

Sick, U. (2004). *Poltern - Theoretische Grundlagen, Diagnostik und Therapie*. Stuttgart: Thieme.

Siegmüller, J. & Kauschke, C., (2006). *Patholinguistische Therapie bei Sprachentwicklungsstörungen*. München: Elsevier, Urban & Fischer.

Siegmüller, J. (2009, Nov.). *Wirksamkeitsprüfung von Sprachtherapien bei kindlichen Sprachentwicklungsstörungen - Das LST-LTS-Projekt*. Vortrag beim 2. Interdisziplinären Symposium „Frühintervention bei Sprachentwicklungsstörungen“. Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf.

Spreer, M. (2011). Prosodie – die Musik in der Sprache. Form und Funktion im (gestörten) Spracherwerb. *Sprachheilarbeit*, 198-203.

Spitzer, M. (2000). *Geist im Netz*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Spitzer, M. (2009). *Musik im Kopf. Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk* (9. unveränderter Nachdruck der 1. Aufl.). Stuttgart: Schattauer.

Stadler Elmer, S. (2008). Entwicklung des Singens. In H. Bruhn, R. Kopiez, & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie - Das neue Handbuch* (S. 144-161). Reinbek: Rowohlt.

Storch, G. (2002). *Phonetik des Deutschen für sprachtherapeutische Berufe*. Stockach: Günther Storch Verlag.

Suchodoletz, W. von (2001). Hirnorganische Repräsentation von Sprache und Sprachentwicklungsstörungen. In W. von Suchodoletz (Hrsg.), *Sprachentwicklungsstörungen und Gehirn, Neurobiologische Grundlagen von Sprache und Sprachentwicklungsstörungen* (S. 27-69). Stuttgart: Kohlhammer.

Suchodoletz, W. von (2003). Spannungsfeld zwischen etablierten und alternativen Behandlungsverfahren. In W. von Suchodoletz (Hrsg.), *Therapie bei Lese-Rechtschreibstörungen (LRS) - Traditionelle und alternative Behandlungsmethoden im Überblick* (S. 15-30). Stuttgart: Kohlhammer.

Suchodoletz, W. von (2009, Nov.). *Warum Frühintervention bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen?* Vortrag beim 2. Interdisziplinären Symposium „Frühintervention bei Sprachentwicklungsstörungen“. Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf.

Szagun, G. (2001). *Wie Sprache entsteht - Spracherwerb bei Kindern mit normalem und beeinträchtigtem Hören*. Weinheim: Beltz Taschenbuch.

Szönyí, E. (1973). *Aspekte der Kodály-Methode*. Frankfurt a. M.: Diesterweg.

- Tallal, P. (1978). Impairment of auditory perception and language comprehension in dysphasia. *Brain and Language*, 5, 13-24.
- Tervaniemi, M., Jakobsen, T., Röttger, S., Kujala, T., Widman, A., Vainio, M. & Näätänen, R. (2006). Selective tuning of cortical sound-feature processing by language experience. *European Journal of Neurosciences*, 23, 2538-2541.
- Therub, S.E. (2001). Musical predispositions in infancy. *Annals of New York Academy of Sciences*, 930, 1-16.
- Thompson, W.F., Schellenberg, E.G. & Husain, G. (2003). Perceiving prosody in speech - Effects of music lessons. *Annals of New York Academy of Sciences*, 999, 530-532.
- Tippelt, S. & Suchodoletz, W. von (2011). Screeningverfahren zur Erfassung sprachgestörter Kinder bei der U7. In T. Hellbrügge & B. Schneeweiß (Hrsg.), *Frühe Störungen behandeln - Elternkompetenz stärken* (S. 222-246). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Tomatis, A. (1994). *Klangwelt Mutterleib. Die Anfänge der Kommunikation zwischen Mutter und Kind*. München: Kösel.
- Tomatis, A. (1996). *Das Ohr und das Leben - Erforschung der seelischen Klangwelt* (2. Aufl.). Zürich: Walter.
- Tomatis, A. (2004). *Das Ohr - die Pforte zum Schulerfolg - Schach dem Schulversagen* (4. neubearbeitete Aufl.). Dortmund: Verlag modernes Lernen.
- Trainor, L.J., Shahin, A. & Roberts, L.E. (2003). Effects of musical training on the auditory cortex of children. *Annals of New York Academy of Sciences*, 999, 506-513.
- Ullrich, K. & Suchodoletz, W. von (2011). Zur Zuverlässigkeit von Methoden der Früherkennung von Sprachentwicklungsstörungen bei der U7. In T. Hellbrügge & B. Schneeweiß (Hrsg.), *Frühe Störungen behandeln - Elternkompetenz stärken* (S. 204-221). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Vygotskij, L. S. (2002). *Denken und Sprechen - Psychologische Untersuchungen*. (Originalausgabe 1934, Herausgegeben und neu übersetzt von Lompscher, J. & Rückriem, G.), Weinheim: Beltz.
- Warnke, A. & Roth., E. (2002). Umschriebene Lese-Rechtschreibstörung. In F. Petermann(Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Kinderpsychologie und -psychotherapie* (5. korr. Aufl., 453-478). Göttingen: Hogrefe.
- Weinert, S. (2010). Beziehung zwischen Sprachentwicklung und Gedächtnisentwicklung. In H.-P. Trollenier, W. Lenhard & P. Marx (Hrsg.), *Brennpunkte der Gedächtnisforschung. Entwicklungs- und pädagogisch- psychologische Perspektiven*, (S. 147-169). Göttingen: Hogrefe.

Weinrich, M. & Zehner, H. (2003). *Phonetische und phonologische Störungen bei Kindern - Dyslalie-therapie in Bewegung* (2. Aufl.). Heidelberg: Springer.

Werner, I. (2009). *Phonologisches Arbeitsgedächtnis bei dysgrammatisch-sprachgestörten Kindern*. Technische Universität Dresden: Dissertation. Zugriff am 3.3.2014 unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-26465>

Wettig, H.H.G. & Franke, U. (2005). Die Wirkung von Theraplay® bei rezeptiven Sprachstörungen. In P. Arnoldy & B. Traub (Hrsg.), *Sprachentwicklungsstörungen früh erkennen und behandeln*. XXVI. Kongress „Werkstatt Sprachheilpädagogik“ der deutschen Gesellschaft für Sprachheilpädagogik (S. 391-408). Karlsruhe: von Loeper Literaturverlag.

Wiedenmann, M. (2005). Konsequenzen aus der Lärmwirkungsforschung für eine Person- und Umweltbezogene Sprachheilarbeit. In P. Arnoldy & B. Traub (Hrsg.), *Sprachentwicklungsstörungen früh erkennen und behandeln*. XXVI. Kongress „Werkstatt Sprachheilpädagogik“ der deutschen Gesellschaft für Sprachheilpädagogik (S. 409-429). Karlsruhe: von Loeper Literaturverlag.

Wilken, E. (2003). *Sprachförderung bei Kindern mit Down-Syndrom*. Berlin: Edition Marhold.

Wirth, G. (2000). *Sprachstörungen, Sprechstörungen, Kindliche Hörstörungen - Lehrbuch für Ärzte, Logopäden und Sprachheilpädagogen* (5. Aufl. überarbeitet von M. Ptok & R. Schönweiler). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.

Zehentbauer, J. (2002). *Körpereigene Drogen. Die ungenutzten Fähigkeiten unseres Gehirns* (3. Aufl.). Düsseldorf: Patmos paper back.

Zollinger B. (1997). *Die Entdeckung der Sprache*. Bern: Haupt.

Zwart, W.F. de (2008). *Possible effects of specific auditory stimulation on language processing*. Unveröffentlichte Masterarbeit, Vrije Universiteit Amsterdam, Faculteit der Psychologie en Pedagogiek.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Das Sprachfeld (Quelle: AUDIVA).

Abbildung 2. Das erweiterte Modell der phonologischen Schleife (Hasselhorn, M., Grube, D. & Mähler, C. (2000). Theoretisches Rahmenmodell für ein Diagnostikum zur differenziellen Funktionsanalyse des phonologischen Arbeitsgedächtnisses. In M. Hasselhorn, W. Schneider & H. Marx (Hrsg.), Diagnostik von Leserechtsschreibschwierigkeiten (S. 174). Göttingen: Hogrefe).

Abbildung 4. Die Darstellung von zwei Wörtern mit Verschlusslauten (Storch, G. [2002]. Phonetik des Deutschen für sprachtherapeutische Berufe (S. 112). Stockach: Günther Storch Verlag).

Abbildung 5. Das Wort „Zeichenkiste“ als Spektrogramm. Auf der x-Achse ist die Dauer der Artikulation in ms. Die y-Achse stellt die Tonhöhe in KHz dar. Die Querstreifen bei /ei/, /e/ und /i/ bilden die Formantenübergänge ab (Quelle: AUDIVA).

Abbildung 6. Das Wort „Dielenfußboden“ als Spektrogramm. Auf der x-Achse ist die Dauer der Artikulation in ms abgebildet. Auf der y-Achse ist die Tonhöhe der Laute in kHz angezeigt. Die Querstreifen der Formantenübergänge bei /ie/ sind deutlich zu erkennen (Quelle: AUDIVA).

Abbildung 7. Die ideale Hörkurve nach Tomatis zeigt einen deutlichen Anstieg im Frequenzbereich der Sprachlaute, die sich deutlich von den Grundtönen abheben (Hansen–Lauff & Sanne, 2010; Johansen, 2011).

Abbildung 8. Veranschaulichung des Studiendesigns. Der Test für die auditiven Funktionen wurde nicht mit allen Kindern durchgeführt.

Abbildung 9. Darstellung des Frequenzspektrums der Musik, die beim Hörtraining in technisch veränderter Form über die Zeit hinweg dargeboten wird. Hier wird die unveränderte Musik dargestellt. Der dunkle Bereich stellt das Klangvolumen Orchesters dar, der hellere Bereich die Soloinstrumente. Die horizontalen Streifen, die hervortreten, sind die natürlichen Obertöne der Violinen (Quelle: AUDIVA).

Abbildung 10. Gefilterte Musik: Hohe und mittlere (> 2000 Hz) Frequenzen werden in Abständen verdichtet und links - rechts bewegt. Tiefe (< 1000) Frequenzen werden in der Gegenphase verringert bis ganz entfernt. Dadurch wird das Klangvolumen des Orchesters stark reduziert (Quelle: AUDIVA).

Abbildung 11. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).

Abbildung 12. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).

Abbildung 13. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“: Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).

Abbildung 14. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“: Hochtönerverstehen > 4000 Hz.

Abbildung 15. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“: Hochtönerverstehen > 3000 Hz.

Abbildung 16. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“:
Hochtonverstehen > 2000 Hz.

Abbildung 17. Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“:
Lautunterscheidungstest 1 ohne Störgeräusch.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: *Verschiedene Schalldruckpegel und ihre Auswirkungen auf das Gehör (nach Rosenkötter, 2003, S. 12).*

Tabelle 2: *Hypothetische Zuordnung der Komponenten der phonologischen Schleife, der funktionalen Merkmale und der empirischen Indikatoren nach Hasselhorn, Grube & Mähler (2000).*

Tabelle 3: *Tonhöhen in Hz der drei unteren Formanten deutscher Vokale in Abhängigkeit von Geschlecht bzw. Alter des Sprechers.*

Tabelle 4: *Beispielsätze mit regulärer und irregulärer Syntax und Filler-Sätze aus der Studie von Jentschke und Koelsch (2011).*

Tabelle 5: *Verteilung von Kindern mit mehrsprachigem Hintergrund.*

Tabelle 6: *Verteilung von Kindern mit heilpädagogischem Förderbedarf.*

Tabelle 7: *Verteilung nach Alter und Geschlecht in der Hörtrainingsgruppe.*

Tabelle 8: *Verteilung nach Alter und Geschlecht in der Wartekontrollgruppe.*

Tabelle 9: *Verteilung nach Alter und Geschlecht in der pädagogischen Fördergruppe.*

Tabelle 10: *Zahl der Probanden und Art der pädagogischen Intervention der pädagogischen Fördergruppe.*

Tabelle 11: *Die Grenzen für die Risikowerte in den HASE-Aufgaben.*

Tabelle 12: *Mittelwerte der Beobachtungszeiten der verschiedenen Gruppen.*

Tabelle 13: *Die verschiedenen Probandentypen.*

Tabelle 14: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe, und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).*

Tabelle 15: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe, und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).*

Tabelle 16: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe, und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).*

Tabelle 17: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe, und pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).*

Tabelle 18: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe, und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).*

Tabelle 19: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).*

Tabelle 20: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochtonverstehen ab 4000 Hz.*

Tabelle 21: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Hochtonverstehen ab 4000 Hz.*

Tabelle 22: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochtonverstehen ab 3000 Hz.*

Tabelle 23: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Hochtonverstehen ab 3000 Hz.*

Tabelle 24: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochtonverstehen ab 2000 Hz.*

Tabelle 25: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Hochtonverstehen ab 2000 Hz.*

Tabelle 26: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.*

Tabelle 27: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe₁ und der pädagogischen Fördergruppe in der Aufgabe Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.*

Tabelle 28: *Vergleich der Zugewinne Mittelwertdifferenz Post-Prä) innerhalb der Hörtrainingsgruppe unterteilt nach Dauer der Beobachtungszeit.*

Tabelle 29: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).*

Tabelle 30: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).*

Tabelle 31: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).*

Tabelle 32: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).*

Tabelle 33: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).*

Tabelle 34: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).*

Tabelle 35: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochttonverstehen > 4000 Hz.*

Tabelle 36: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Hochttonverstehen > 4000 Hz.*

Tabelle 37: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochttonverstehen > 3000 Hz.*

Tabelle 37: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochttonverstehen > 3000 Hz.*

Tabelle 38: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Hochttonverstehen > 3000 Hz.*

Tabelle 39: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Hochttonverstehen > 2000 Hz.*

Tabelle 40: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Hochttonverstehen > 2000 Hz.*

Tabelle 41: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der Wartekontrollgruppe in der Aufgabe Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.*

Tabelle 42: *Vergleich der Zugewinne (Mittelwertdifferenz Post-Prä) zwischen der Hörtrainingsgruppe ohne Integrationskinder und der pädagogischen Fördergruppe ohne Integrationskinder in der Aufgabe Lautunterscheidungstest ohne Störgeräusch.*

Tabelle 43: *Anmerkung zu Abbildung 11.*

Tabelle 44: *Anmerkung zu Abbildung 12.*

Tabelle 45: *Anmerkung zu Abbildung 13.*

Tabelle 46: *Anmerkung zu Abbildung 14.*

Tabelle 47: *Anmerkung zu Abbildung 15.*

Tabelle 48: *Anmerkung zu Abbildung 16.*

Tabelle 49: *Anmerkung zu Abbildung 17.*

Anhang

A: Funktionsbeschreibung Hörtrainingsverfahren nach dem AUDIVA-Verfahren

B: Musikauswahl

C: Einverständniserklärung

D: Musterbrief an Eltern 1

E: Musterbrief an Eltern 2

F: Ergebnisprotokoll KITA

G: Ergebnisprotokoll Eltern

H: Anmerkungen zu den Abbildungen 11-17: Tabellen 43-49

Anhang A: Funktionsbeschreibung Hörtrainingsverfahren nach dem AUDIVA-Verfahren

HWT home/praxis/spektrum/standard

Alle HWT Modelle arbeiten mit einem elektronischen Filter. Dieser blendet tiefe Frequenzen aus und verstärkt hohe. Doch nicht nur das. Die hohen Frequenzen (ab 1000 Hz) werden lateralisiert gefiltert, d.h. die hohen Frequenzen werden auf dem linken Ohr stark verdichtet, während sie auf dem rechten Ohr heruntergefahren werden. So wird ein lateraler zeitlicher Wechsel in einer einstellbaren Zeit (2 bis 25 Sekunden) gegeben.

Die Parameter die im HWT aktiv sind:

- Laufzeit in Sekunden von Ohr zu Ohr
- Frequenz der Filterung
- Wirkung in %

In der vorliegenden Studie wird der zeitliche Ablauf verwendet. Hier gleiten die o.g. Parameter in einem Rahmen der Anregungsstärke, die wir durch s.g. „Level“ festgelegt haben.

Dies sind im Gerät hinterlegte Start- und Zielwerte (Laufzeit, Frequenz und Wirkung), die sich auf 10 oder 30 min erstrecken.

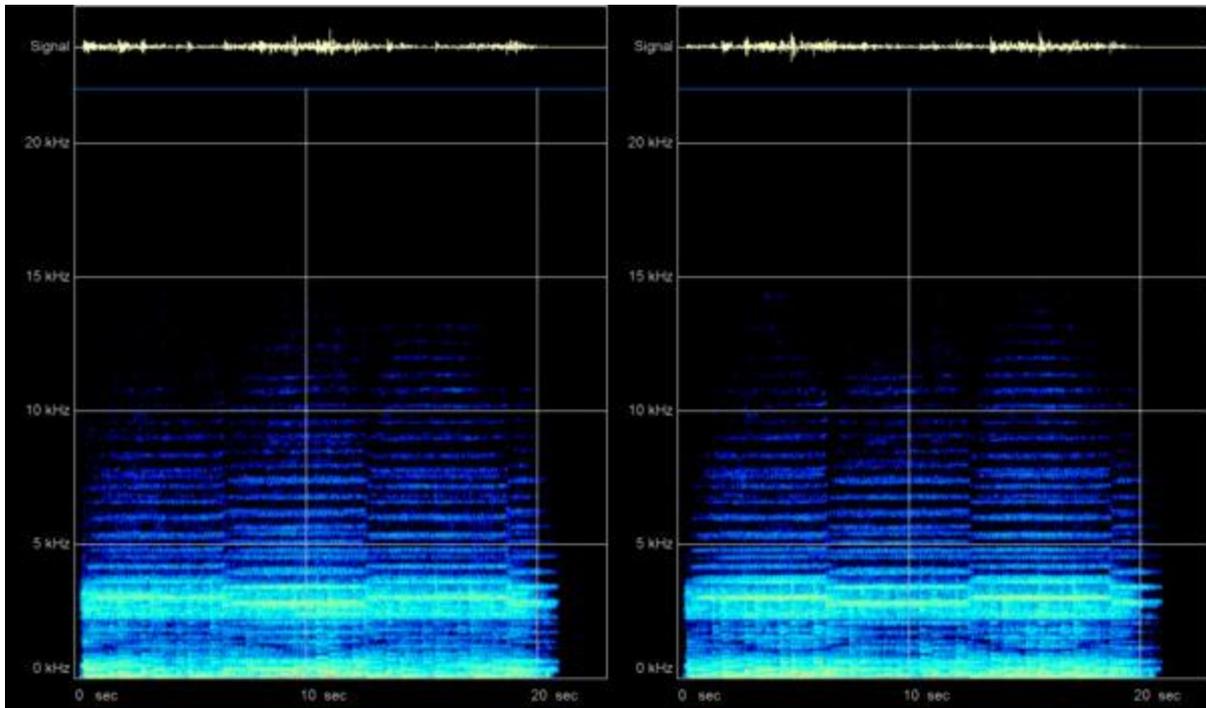
Die Anregungsstärke definiert sich durch

- Laufzeit in Sekunden. Je schneller desto stärker.
- Frequenz der Filterung, je höher desto stärker.
- Wirkung in %. Je höher, desto stärker.

Diese Parameter haben obere und untere Grenzwerte. Bei Level 1 sind diese gering, bei Level 6 maximal. Audiva-Hörwahrnehmungstraining werden somit nie spezifische Frequenzen trainiert, sondern laufend sich verändernde Klangstrukturen angeboten, die sich im jeweiligen Level beginnend mit 1 wöchentlich bis Level 6 steigern. Das hat seinen Sinn in der Vermeidung von Habituation und in der Vermeidung von Reaktion auf die Klangveränderung. Neurologisch wächst das angesprochene Nervensystem langsam über Wochen und Monate mit. Habituation wird dadurch vermieden, dass die immer gleichen Klänge der CD von sich bewegenden Filterungen im HWT-Gerät verarbeitet und auf den Kopfhörer gegeben werden. Die gleiche CD kann daher mehrmals gehört werden, ohne gleich zu klingen. Das Aufbausystem von Level 1 bis 6 berücksichtigt die hohe Empfindlichkeit der natürlichen Hörschwelle bei hohen Frequenzen, die zwischen 1 und 6 kHz die höchste Sensibilität aufweist. Die klanglichen Anregungen finden auf der Basis von Mozart, Bach und Vivaldi Musik statt. Hier achten wir auf die Sprache der Musik. Aus ethischen Gründen dürfen wir keine moderne Musik verwenden, da diese mit elektronischen Instrumenten arbeitet.

Wir müssen die CD als Inputmedium nutzen, weil es bislang nichts Besseres gibt. MP3 - Format ist nicht geeignet, weil es ein Internet basiertes Medium ist und Klangverluste in Kauf nimmt.

HWT Klangwirkung in Niveau von Level 1 bis 2

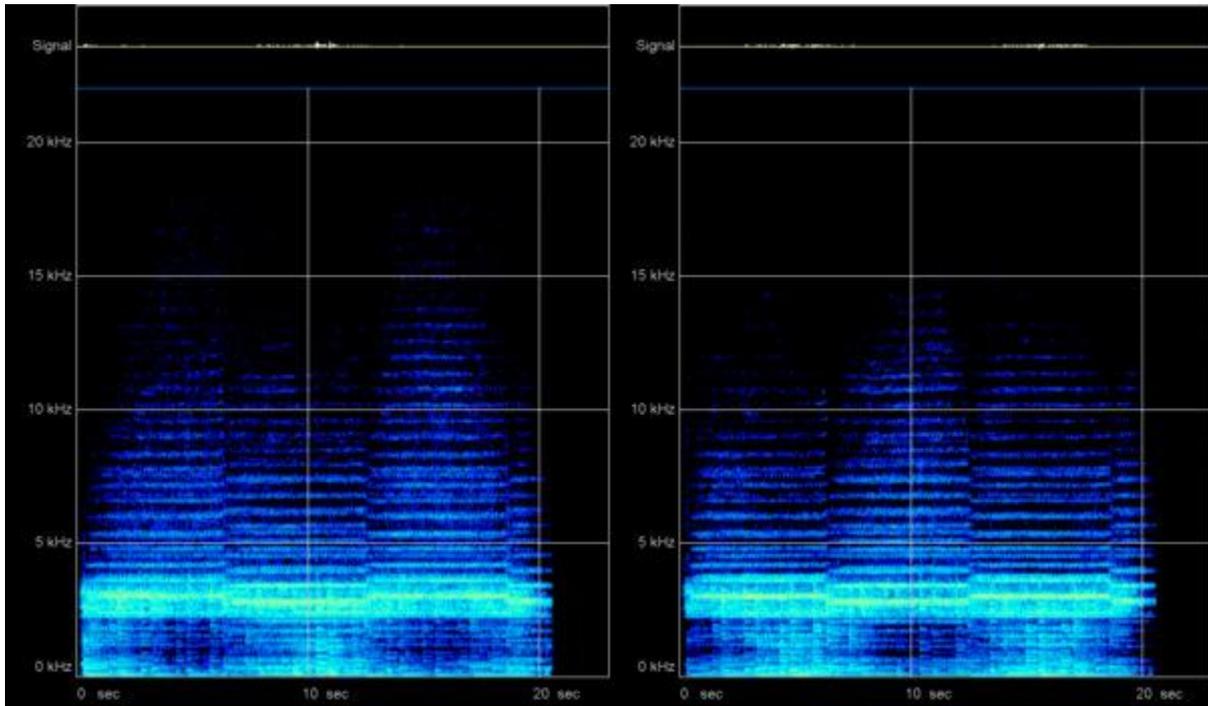


Mehr Obertöne sind hörbar, da die Grundtöne leiser werden.

Die tiefsten Frequenzen bei 0 bis 1 kHz (begleitendes Orchester) trennen sich von der Grundtonlage der Solo - Violine, die bei etwa 3000 Hz liegt.

Die Welle, die sich durchs Bild bewegt, ist der Filter des HWT Gerätes.

HWT Klangwirkung in Niveau von Level 3 bis 4



Die Obertöne beginnen das Klangbild zu bestimmen.

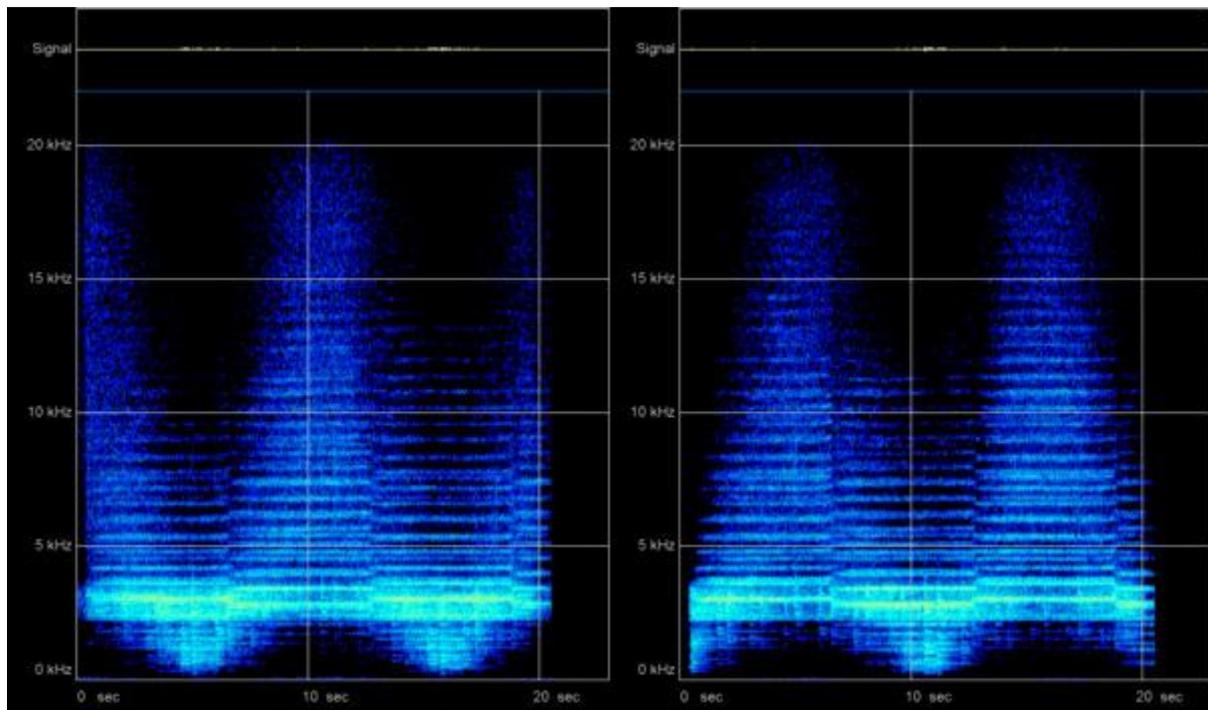
Die tiefsten Frequenzen bei 0 bis 1 kHz (begleitendes Orchester) sind nun fast ausgeblendet.

Der Grundtonbereich der Violine ist weiterhin stark. Er liegt über 1 kHz und wird immer akustisch präsent sein.

Die dunklen Löcher links und rechts in Gegenphase, markieren die Lateralisierung.

Gleichzeitig verdichten sich die Frequenzen über 10 kHz immer mehr. Die horizontalen Streifen, die hervortreten, sind die natürlichen Obertöne der Violine.

HWT Klangwirkung in Niveau von Level 5 bis 6



Die Obertöne bestimmen das Klangbild.

Die tiefsten Frequenzen bei 0 bis 1 kHz (begleitendes Orchester) sind nur noch zu hören, wenn der Filter im HWT dort vorbeikommt.

Der Grundtonbereich der Violine ist weiterhin stark. Er liegt über 1 kHz und wird immer akustisch präsent sein. Der Hörer hat so immer Kontakt zur Entwicklung der Melodie.

Die Lateralisierung ist nun maximal ausgeprägt.

Gleichzeitig ist die Lateralisierung der hohen Frequenzen zu sehen. Hohe und tiefe Frequenzen wechseln sich jetzt ab. Die Verdichtung der hohen Frequenzen über 10 kHz ist jetzt im Maximum.

Man sieht jetzt Punktstreuung ganz oben. Das ist das natürliche Rauschen des analogen elektronischen Filters.

Autor: Uwe Minning, AUDIVA, Januar 2014

Anhang B: Musikauswahl

AUDIVA – Mozart – Bach – Vivaldi CDs

Folgende Aufnahmen sind nach AUDIVA optimal für das Hörtraining geeignet. Die CDs sind aus Titeln mit ähnlichen musikalischen Stimmungen und Geschwindigkeiten auf einer CD zusammengefasst.

CD 1 Mozart Stimmung: lieblich • aufgeweckt • lebhaft • dynamisch. Führende Instrumente: Violine; Inhalt: Allegro von KV 110, 112, 114, 124, 216, 218, 219, 299, Menuetto von KV 110, 112, 114, 124 • 12 Tracks, 68 Minuten.

CD 2 Mozart Bach Vivaldi Stimmung: lieblich • lebhaft • leicht. Führende Instrumente: Violine; Inhalt: Mozart: Rondo Allegro KV 182, 216, 218, 314, Un poco adagio KV211a, Allegro aperto KV 314, Menuetto allegretto KV 525, Violin Sonate KV 301 / Vivaldi: Presto Op3, Allegro RV 540 / Bach: Allegro moderato BWV 1041, Allegro BWV 1042, Allegro assai BWV 1042, Vivace BWV 1043 • 14 Tracks, 64 Minuten.

CD 3 Mozart Stimmung: lieblich • ruhig • leicht. Führende Instrumente: Violine, Flöte und Klarinette; Inhalt: Andante cantabile KV 218, Andante KV 110, 112, 114, 124, 314, 315, Andantino gracioso KV 182, Teil 2 aus KV622, Andantino aus KV 299, Adagio KV 216, Allegretto KV211a • 13 Tracks, 65 Minuten

CD 4 Mozart Stimmung: lieblich/heiter • ruhig bis lebhaft. Führende Instrumente: Violine, Flöte u. Harfe; Inhalt: Menuetto KV 134, Allegro KV 134, Adagio non troppo KV 313, Romance andante KV 525, Allegro KV 110, Molto allegro KV 112, Presto KV 114, Rondo KV 299, Andante KV 250, Menuetto galante KV 250, Menuetto KV 250 • 12 Tracks, 65 Minuten.

CD 5 Mozart Stimmung: lieblich • lebhaft • dynamisch. Führende Instrumente: Violine, Flöte u. Klarinette; Inhalt: Rondeau KV 219, 250, Presto KV 136, Molto allegro KV 550, Allegro maestoso KV 313, Rondo KV 313, Allegro KV 250, 525, Teil 3 KV 622, Allegretto KV 575 • 11 Tracks, 67 Minuten.

Verfügbar unter: <http://www.audiva.de/onlineshop/Musik-im-Hoerwahrnehmungstraining/AUDIVA-CD-Set-S5.html>

Anhang C: Einverständniserklärung

Einverständniserklärung

Ich bin damit einverstanden, dass mein Kind _____
an dem Forschungsprojekt von Frau Kaija Früchtenicht über auditive Verarbeitungs - und
Wahrnehmungsstörungen teilnimmt und die erhobenen Daten für Forschungszwecke ano-
nymisiert verwendet werden dürfen.

Ort, Datum

Unterschrift

Anhang D: Musterelternbrief 1

Kaija Früchtenicht

Dipl. Sprachheilpädagogin

6.10.10

Liebe Eltern,

einige von Ihnen haben vielleicht schon mitbekommen, dass im Kindergarten Arche eine Studie über die Wirksamkeit des Hörwahrnehmungstrainings nach AUDIVA-Verfahren bei der Behandlung von auditiven Wahrnehmungsstörungen durchgeführt wird. Die Studie läuft in vier Kindergärten im Landkreis OHZ. Die ersten Ergebnisse sind sehr vielversprechend: bei 18 von den 21 Kindern, die bis zum Schluss mitgemacht haben, konnte eine deutliche Verbesserung der Sprachwahrnehmung festgestellt werden. Eine Geräuschüberempfindlichkeit wurde zu 100 % abgebaut.

Woran erkennt man eine auditive Wahrnehmungsstörung?

Hier einige Beispiele:

Das Kind ist abgelenkt, wenn viele Personen im Raum sind (und reden).

Sie haben oft den Eindruck, dass Ihr Kind nicht zuhört. Die Ohren sind jedoch in Ordnung.

Sie sagen zu Ihrem Kind: „Geh in die Küche und hole mir einen Löffel“ Ihr Kind verlässt zwar den Raum, vergisst aber unterwegs den Auftrag.

Das Kind hat Angst vor manchen Geräuschen oder findet sie unangenehm.

Die Sprachentwicklung ist verzögert.

Beim Hörwahrnehmungstraining hören die Kinder über Kopfhörer klassische Musik, die so verändert wird, dass sie die Gehirnaktivität in dem Bereich fördert, der für die Aufmerksamkeit der Sprache zuständig ist.

Für die Studie werden Kinder im Alter von 4-5 Jahren gesucht. Bei Interesse melden Sie sich bitte bei den Erzieherinnen Ihrer Gruppe.

Mit freundlichen Grüßen

Kaija Früchtenicht

Anhang E: Musterelternbrief 2/Kontrollgruppe

8.2.2012

Liebe Eltern,

seit März 2010 führe ich eine Studie über die Wirksamkeit eines Hörtrainings mit technisch veränderter Musik bei Kindern im Vorschulalter mit einer auditiven Wahrnehmungsstörung durch. Es handelt sich bei dem Projekt um meine Promotion an der Universität Oldenburg. An der Studie haben bisher ca. 80 Kinder in 8 Kindergärten teilgenommen.

Woran erkennt man eine auditive Wahrnehmungsstörung?

Hier einige Beispiele:

Das Kind ist abgelenkt, wenn viele Personen im Raum sind (und reden).

Sie haben oft den Eindruck, dass Ihr Kind nicht zuhört. Die Ohren sind jedoch in Ordnung.

Sie sagen zu Ihrem Kind: „Geh in die Küche und hole mir einen Löffel“ Ihr Kind verlässt zwar den Raum, vergisst aber unterwegs den Auftrag.

Das Kind hat Angst vor manchen Geräuschen oder findet sie unangenehm.

Die Sprachentwicklung ist verzögert bzw. die Sprache ist undeutlich.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass das Hörtraining positive Auswirkungen auf sprachliche Kompetenzen der Kinder hat, und ihre Konzentrationsfähigkeit und die Merkfähigkeit sich bessern.

Für den weiteren Verlauf der Studie werden Kinder im Alter von 4-6 Jahren gesucht, die anscheinend „nicht zuhören“. Dinge missverstehen und/oder Aufträge vergessen. Ich würde mit den Kindern vor dem Hörtraining einige Tests durchführen und nach 12 Wochen diese Tests wiederholen. Nach dieser Phase bekommen die Kinder ein Hörtraining mit Musik, das Sie nach meiner Anleitung zuhause durchführen können. Die Daten werden anonymisiert verwendet. Bei Interesse melden Sie sich bitte bei den Erzieherinnen Ihrer Gruppe.

Mit freundlichen Grüßen

Kaija Fruchtenicht

Wirksamkeitsstudie AUDIVA- Hörtraining / Die verwendeten Tests; Risikowerte sind gelb markiert

<p>TROG-D Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses; Standardisiert für 3;0 - 9;11 Jahre</p> <p>PR= Prozentrang < 15 sehr schwach; (max.99)</p> <p>T-Wert < 40 sehr schwach; (max. 50)</p>
<p>HASE: Heidelberger auditives Screening für die Einschulungsuntersuchung</p> <p>Standardisiert für 4; 6 – 6,11 Jahre; Risikowerte sind gelb markiert.</p> <p>Der Test überprüft folgende Fertigkeiten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nachsprechen von Sätzen (NS): 10 Sätze, die immer komplexer werden; zwei 2-Wortsätze, zwei 3-Wortsätze etc. 2. Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ): 10 Zahlenfolgen, 2 x 2 Zahlen; 2x 3 Zahlen etc. 3. Nachsprechen von Kunstwörtern (NK): 10 Kunstwörter: 3 x 2 Silben, 3 x 3 Silben, 3x 4 Silben, 1 x 5 Silben <p>AUDIVA -Test-CD; normiert für 5;0- 8;0 Jahre; Der Test wird mit Kopfhörern durchgeführt:</p> <p>Lautunterscheidungstest(LUT 1 und LUT 1Stör)ohne und mit Störgeräusch 16 einsilbige Kunstwörter je links und rechts; Reaktion auf Störgeräusch?</p> <p>Lautunterscheidungstest (LUT 2 Stör) 8 x 2 einsilbige Kunstwörter je links und rechts</p> <p>Hochtonverstehen: 10 Infnitive mit Vorsilbe aus dem Grundwortschatz > 4000 Hz; > 3000 Hz; > 2000 Hz; Das Hochtonverstehen steht im Zusammenhang mit der Lautunterscheidungsfähigkeit</p>

Wirksamkeitsstudie Hörtraining nach dem AUDIVA-Verfahren: HG/WG/PFG KITA: _____

	m	w	TROG-D	HASE (max)			AUDIVA Test-CD						Hochtonverstehen	2000 Hz	
				10	NS	WZ	10	10	Lautunterscheidungstest			Hochtonverstehen			
Name/Alter			PRT							LUT 1 Stör	LUT 2 Stör	4000 Hz	3000 Hz		
										16 16	16 16	max 10	10	10	
vorher										li re	li re	li re			rechts sollte >links sein
nachher															Kommentar
Ergebnis															
vorher															
nachher															Kommentar
Ergebnis															
vorher															
nachher															
Ergebnis															
vorher															
nachher															Kommentar
Ergebnis															

Anhang G: Ergebnisprotokoll für Eltern

Wirksamkeitsstudie Hörtraining nach dem AUDIVA-Verfahren: HG/WG/PFG

Name des Kindes: _____

	TROG-D	HASE (max.)						
		10	10	10				
	PR/T	NS	WZ	NK	LUT1/max. 16 16	4000 Hz max. 10	3000 Hz max10	2000 Hz max. 10
					li	re		
Vorher								
Nachher								
Ergebnis								
nach Hör- training								
Ergebnis								

Die gelb markierten Felder sind Risikowerte.

Kommentar: Hörtraining wird empfohlen ja / nein.

Ort

Datum

Kaija Früchtenicht

Anhang H: Tabellen 43-49

Anmerkungen zu den Abbildungen 11-17

Tabelle 43

Anmerkungen zu Abbildung 11: Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Nachsprechen von Sätzen (NS).

Gruppe	Rohwert (Prä)	SD	Rohwert (Post)	SD
HG ₁	4.22	2.20	6.03	1.73
WG	5.08	1.77	5.49	1.84
PFG	4.19	2.18	4.55	1.98

Anmerkungen zu den Tabellen 43-49: HG₁= Hörtrainingsgruppe, WG= Wartegruppe, PFG= Pädagogische Fördergruppe. Der Maximale Punktwert für diese Aufgabe ist 10.

Tabelle 44

Anmerkung zu Abbildung 12: Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Wiederholen von Zahlenfolgen (WZ).

Gruppe	Rohwert (Prä)	SD	Rohwert (Post)	SD
HG ₁	2.44	1.46	3.31	1.60
WG	2.78	1.27	3.03	1.34
PFG	2.35	1.50	2.58	1.43

Anmerkung: Der Maximale Punktwert für die Aufgabe ist 10.

Tabelle 45

Anmerkung zu Abbildung 13: Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Nachsprechen von Kunstwörtern (NK).

Gruppe	Rohwert (Prä)	SD	Rohwert (Post)	SD
HG ₁	3.75	1.46	6.66	1.79
WG	3.92	1.48	4.16	1.50
PFG	3.52	1.48	3.81	1.72

Anmerkung: Der maximale Punktwert in der Aufgabe ist 10.

Tabelle 46

Anmerkung zu Abbildung 14: Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Hochtonverstehen > 4000 Hz.

Gruppe	Rohwert (Prä)	SD	Rohwert (Post)	SD
HG ₁	0.86	1.86	3.14	2.82
WG	0.36	0.76	1.00	1.82
PFG	0.35	0.49	1.35	1.84

Anmerkung: Der maximale Punktwert in der Aufgabe ist 10.

Tabelle 47

Anmerkung zu Abbildung 15: Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Hochtonverstehen > 3000 Hz.

Gruppe	Rohwert (Prä)	SD	Rohwert (Post)	SD
HG ₁	2.18	3.10	7.59	2.60
WG	2.75	3.19	3.96	3.10
PFG	1.53	2.35	5.41	3.14

Anmerkung: Der maximale Punktwert in der Aufgabe ist 10.

Tabelle 48

Anmerkung zu Abbildung 16: Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Hochtonverstehen > 2000 Hz.

Gruppe	Rohwert (Prä)	SD	Rohwert (Post)	SD
HG ₁	5.82	3.98	9.91	0.29
WG	5.54	3.27	7.00	3.32
PFG	5.24	4.10	9.24	1.35

Anmerkung: Der maximale Punktwert in der Aufgabe ist 10.

Tabelle 49

Anmerkung zu Abbildung 17: Mittelwertvergleich der Rohwerte zwischen den Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ in der Aufgabe Lautunterscheidung ohne Störgeräusch.

<i>Gruppe</i>	<i>Rohwert (Prä)</i>	<i>SD</i>	<i>Rohwert (Post)</i>	<i>SD</i>
<i>HG₁</i>	<i>19.27</i>	<i>10.13</i>	<i>27.00</i>	<i>3.07</i>
<i>WG</i>	<i>16.54</i>	<i>8.16</i>	<i>18.04</i>	<i>7.14</i>
<i>PFG</i>	<i>16.07</i>	<i>7.85</i>	<i>22.47</i>	<i>3.89</i>

Anmerkung: Der maximale Punktwert in der Aufgabe ist 32.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe, ohne finanzielle Interessen und unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis und angefertigt habe. Die benutzten Hilfsmittel sind vollständig angegeben.

Delmenhorst, den 29. April 2014

(Kaija Fruchtenicht)