

**AUDITIVE SATZVERARBEITUNG BEI POSTLINGUAL ERTAUBTEN ERWACHSENEN  
MIT COCHLEA-IMPLANTATEN**



Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Humanwissenschaftlichen Fakultät

der Universität zu Köln

nach der Promotionsordnung vom 10.05.2010

vorgelegt von

**Vanessa Hoffmann**

aus Trier

München, im September 2013

Dekan: Prof. Dr. H.-J. Roth  
Erster Berichterstatter: Prof. Dr. Ir. F. Coninx (Universität zu Köln)  
Zweiter Berichterstatter: Prof. Dr. rer. nat. K. Willmes-v. Hinckeldey (RWTH Aachen)

Tag des Rigorosums: 11. Dezember 2013



*© Alle Rechte vorbehalten. Nichts aus dieser Ausgabe darf in einer automatischen Datei vervielfältigend gespeichert oder in jeglicher Form oder Art und Weise veröffentlicht werden, sei es durch elektronisch mechanische Mittel, durch Fotokopien, Aufnahmen oder durch jegliche andere Form, ohne vorab um schriftliche Zustimmung der Universität zu Köln gebeten zu haben.*

## I. DANKSAGUNG

Diese Dissertation wurde von der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln im Dezember 2013 angenommen. Sie liefert wissenschaftliche Erkenntnisse zum besseren Verständnis auditiver Satzverarbeitungsprozesse bei erwachsenen, poslingual ertaubten Erwachsenen und richtet sich an Fachpersonal, das Patienten mit Cochlea-Implantaten betreut. Das Vorwort dient auch als Danksagung für alle an der Studie beteiligten Personen.

Mein besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Coninx und Herrn Prof. Willmes für die inhaltlichen Anregungen, Diskussionen und die fachliche Betreuung der vorliegenden Arbeit.

Herr Prof. Coninx, vielen Dank für Ihre freundliche und interessierte Unterstützung, Motivation und Begleitung dieser Arbeit in jeder Form sowie für die Möglichkeit, mich in die auditiven Sprachwahrnehmungsprozesse einzuarbeiten und ein Thema zu wählen, das mich für das wissenschaftliche Arbeiten begeistert. Ich habe sehr viel von Ihnen gelernt.

Herr Prof. Willmes-v. Hinckeldey, herzlichen Dank für inhaltliche Anregungen und die Betreuung dieser Arbeit als Zweitkorrektor. Vielen Dank für Ihre hilfsbereite und konstruktive Unterstützung.

5

---

Ein großes Dankeschön an Karin Coninx-Wittgens und Dr. Hansjörg Schösser für die engagierte Unterstützung der Studie. Ohne diese Unterstützung wäre das Forschungsvorhaben sicherlich nicht zu realisieren gewesen.

Des Weiteren möchte ich dem Team des Universitätsklinikums Bochum und München Großhadern danken, die mir durch ihre organisatorischen Hilfestellungen die Untersuchung der Patienten im Klinikalltag ermöglichten.

Zudem ein großes Dankeschön an das Team der Logopädischen Praxis R. Hanik für die gute Zusammenarbeit und die freundliche, geduldige und beständige kollegiale Hilfsbereitschaft.

Ganz herzlich danke ich Dr. Karolin Schäfer für fachliche Diskussionen und den wertvollen Austausch, Edda Amann für statistische Unterstützung und meinen Kollegen für allgemeine Hilfestellungen und die angenehme Zusammenarbeit!

Herzlichen Dank auch Stephanie Felten und Benjamin Hofmeier für die Betreuung bei speziellen PC-Fragen, sowie Sven, meiner Oma und meinen Eltern.

Ein großes Dankeschön aber vor allem an die Patienten dieser Gruppenstudie, die mit ihrer Mitarbeit die vorliegende Arbeit erst möglich machten!

Für meine liebe Oma.

*Anmerkung:*

*Zur Vereinfachung der sprachlichen Form wird in der vorliegenden Arbeit bei Personenbezeichnungen die Form des männlichen Geschlechts verwendet. Diese soll die weibliche Form stets mit einschließen.*

*„Es hört doch jeder nur, was er versteht.“*

*Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832)*

## II. VORBEMERKUNG

Mit zunehmendem Vertrauen in die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit hat sich das Cochlea-Implantat (CI) in den vergangenen Jahren als Indikation bei hochgradiger Schwerhörigkeit bewährt und bedeutet für zahlreiche Nutzer einen erheblichen Zugewinn. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Hörfähigkeit mit dem CI nicht mit der eines normalhörenden Menschen gleichzusetzen ist und jene Unterschiede das auditive Sprachverständnis nachhaltig beeinflussen (Hahne et al., 2012). Die Ursachen dafür sind in den auch heute noch bestehenden technologischen Beschränkungen zu suchen, welche es nicht erlauben, die komplexe Arbeitsweise des gesunden Hörsystems vollständig zu ersetzen. Die Übertragung von akustischen Sprachsignalen durch ein CI geht letztlich immer mit einer verminderten Frequenz-, Intensitäts- und Zeitauflösung und einem Verlust an sprachlicher Information einher. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt existieren nur wenige gesicherte Erkenntnisse darüber, wie das Gehirn mit dem solchermaßen reduzierten akustischen Sprachinput umgeht und inwiefern jene auditiven Perzeptionsschwierigkeiten Modifikationen in den Mechanismen der Sprachverarbeitung bei erwachsenen CI-Trägern bedingen.

9

---

Dank moderner neurowissenschaftlicher Forschungsmethoden sind die kognitiven Sprachverarbeitungsprozesse normalhörender Erwachsener zum gegenwärtigen Zeitpunkt recht gut erforscht (Hahne, 2012; Herrmann et al., 2011; Heydebrand et al., 2007). Ferner stützen Forschungsergebnisse und theoriegeleitete Modelltaxonomien die Befunde, dass sich die semantische und syntaktische Informationsverarbeitung in Abhängigkeit vom Sprachinput voneinander unterscheiden. Während bei normalhörenden Probanden in einer ersten Phase die syntaktische Initialstruktur eines Satzes erfasst und in einem nächsten Schritt um semantisch-lexikalische Merkmale ergänzt wird (Friederici & Kotz, 2003) belegen Studien, dass das auditive Satzverstehen erwachsener CI-Träger durch die vorrangige Verarbeitung von semantischer *vor* syntaktischer Information bestimmt ist (Hahne et al., 2012; Hahne & Friederici, 2001; Friederici, Hahne & Saddy, 2002; Hahne et al., 2001). Obgleich jene Beobachtung nicht zuletzt auf die Reduzierung des akustischen Inputs vor Allem um nur wenig saliente syntaktische Elemente der gesprochenen Sprache zurückzuführen ist, besteht die Annahme, dass Abweichungen im Prozess des Satzverstehens vorrangig jene Teilprozesse des Sprachverstehens betreffen, welche nicht durch Einbezug top-down-gesteuerter Verarbeitungsprozesse erschlossen werden können. Im Gegensatz dazu sollte das Erschließen semantischer Informationen durch Rückgriff auf kontextuelles Wissen leichter gelingen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll deshalb untersucht werden, ob sich postlingual ertaubte, hörgeschädigte Patienten vermehrt auf semantische Informationen stützen um sprachliche Äußerungen durch Einbezug kontextueller Hinweise zu erschließen oder alternative Verarbeitungsstrategien anwenden um die Äußerung trotz fragmentarischer Perzeption morpho-syntaktischer Elemente korrekt zu interpretieren. Hierzu werden Hörtrainingsverfahren entwickelt, welche sowohl die Identifikation von semantischen und syntaktischen Merkmalen im Satz, als auch die Ergänzung akustisch fragmentarischer Lückensätze erfordern. Ferner soll die empirische Studie einen Beitrag zu der Fragestellung leisten, ob im Rahmen der auditiven Rehabilitation die Stärkung kompensatorischer Strategien oder die Orientierung an vorliegenden Defizite zur Überwindung jener durch die Hörstörung bedingten Einschränkungen postuliert werden soll. In Ermangelung evaluierter Daten und der zunehmenden Relevanz differenzierter Untersuchungen zur Spezifikation und Verbesserung der Rehabilitationsmöglichkeiten betroffener Patienten begründet sich die Zielsetzung der vorliegenden Forschungsarbeit.

Einführend in die Thematik der auditiven Sprachwahrnehmung werden im Folgenden die theoretischen Grundlagen dieser Studie dargestellt. Neben grundlegenden Informationen zu auditiven Wahrnehmungsmodellen wird über den aktuellen Stand der Forschung und experimentelle Evidenz bezüglich neurophysiologischer Reorganisationsprozesse des Sprachverstehenssystems bei Patienten nach Cochlea-Implantation berichtet. Weiter werden Studien zu etablierten Hörtrainingsmethoden im Zusammenhang mit postlingual erworbenen Hörstörungen berücksichtigt und dargelegt. Auf Basis dieser Forschungsergebnisse wird sodann die Entwicklung der Trainingsverfahren erläutert und begründet. Die zentralen Fragestellungen der vorliegenden Arbeit im Hinblick auf die Prozesse des Satzverstehens bei postlingual ertaubten CI-Trägern werden im nachfolgenden Kapitel hergeleitet. In der vorliegenden Gruppenstudie werden die Verfahren evaluiert und die Ergebnisse dargestellt und diskutiert. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen, sowie Vorschlägen zur Optimierung und Weiterentwicklung des Verfahrens, den dazugehörigen Literaturangaben und Anhängen ab.

### III. INHALTSVERZEICHNIS

<b>I. Danksagung</b> .....	<b>5</b>
<b>II. Vorbemerkung</b> .....	<b>9</b>
<b>III. Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>11</b>
<b>IV. Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>15</b>
<b>V. Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>17</b>
<b>VI. Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>19</b>
<b>VII. Abstract</b> .....	<b>22</b>
<b>1. Theoretischer Hintergrund</b> .....	<b>23</b>
1.1    Auditive Wahrnehmung .....	23
1.1.1    Modelle Auditiver Wahrnehmung .....	25
1.1.1.1.    Buffalo Modell nach Katz (1992) .....	25
1.1.1.2.    Wahrnehmungsmodell nach Bellis & Ferre (1999) .....	29
1.1.1.3.    Wahrnehmungsmodell nach Lauer (1999).....	34
1.1.2    Teilfunktionen der auditiven Wahrnehmung .....	37
1.2    Auditive Satzverarbeitung.....	42
1.2.1    Modelle zur auditiven Satzverarbeitung .....	42
1.2.1.1.    Modulares Garden-Path-Modell (Frazier, 1990).....	43
1.2.1.2.    Interaktives Satzverarbeitungsmodell (Friederici, 1995).....	44
1.3    Neuroanatomie auditiver Wahrnehmungsprozesse .....	46
1.3.1    Anatomische Lokalisation.....	46
1.3.2    Neurophysiologische Grundlagen .....	49
1.4    Auditive Rehabilitation .....	52
1.4.1    Audiotherapie .....	54
1.4.2    Hörtraining zur Verbesserung der auditiven Wahrnehmung .....	55
1.4.2.1.    Adaptives Hörtraining nach Erber (1982).....	56
1.4.2.2.    Nonverbales Training auditiver Teilfunktionen.....	59

1.4.2.3.	Speech Tracking .....	65
1.4.2.4.	Speech Tracking als Testverfahren .....	67
1.5	Aktueller Forschungsstand .....	68
1.5.1	Neuronale Reorganisation nach Cochlea-Implantation.....	68
1.5.2	Auditives Satzverstehen bei erwachsenen CI-Trägern.....	73
1.5.3	Höranstrengung bei älteren Erwachsenen .....	77
<b>2.</b>	<b>Pilotstudie: Interviews .....</b>	<b>79</b>
2.1	Klinikranking .....	79
2.2	Instrument der qualitativen Erhebung: Semi-strukturelle Interviews .....	80
2.2.1	Durchführung der Interviews .....	81
2.2.2	Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	81
<b>3.</b>	<b>Methodik .....</b>	<b>84</b>
3.1	Vorüberlegungen zum Trainingsverfahren .....	84
3.1.1	Experimentelle Bedingung A: Semantik.....	84
3.1.2	Experimentelle Bedingung B: Morpho-Syntax.....	85
3.1.3	Experimentelle Bedingung C: Lückensätze .....	87
3.2	Aufbau des Therapiematerials.....	88
3.2.1	Schwierigkeitshierarchie .....	88
3.2.2	Kriterien für die Auswahl des Satzmaterials.....	89
3.2.3	Prosodische und syntagmatische Komplexität der Sätze .....	91
<b>4.</b>	<b>Ziele und Fragestellungen .....</b>	<b>92</b>
<b>5.</b>	<b>Empirische Studie .....</b>	<b>99</b>
5.1	Stichprobe.....	99
5.2	Ein- und Ausschlusskriterien .....	100
5.3	Untersuchungsmaterial.....	101
5.3.1	Formulare und Fragebögen .....	101
5.3.2	Klinische Kontrollvariablen .....	101

5.3.3	Untersuchung der Sprachverständlichkeit.....	102
5.3.4	Experimentelle Paradigmen .....	104
5.4	Darbietung des Untersuchungsmaterials.....	105
5.5	Durchführung der Untersuchung.....	106
5.6	Untersuchungsdesign .....	108
5.7	Statistische Analysen.....	109
<b>6.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>111</b>
6.1	Soziodemografische Verteilung innerhalb der Patientenstichprobe .....	111
6.2	Ergebnisse der begleitdiagnostischen Untersuchungsverfahren .....	112
6.3	Auditives Sprachverstehen: Gruppenvergleich.....	114
6.3.1	Auditives Sprachverstehen in Ruhe .....	115
6.3.2	Auditives Sprachverstehen im Störgeräusch.....	116
6.3.3	Speech Recognition Threshold.....	118
6.4	Trainingsverfahren: Methodenvergleich .....	122
6.4.1	Experimentelle Bedingung A: Semantik.....	122
6.4.2	Experimentelle Bedingung B: Morpho-Syntax.....	124
6.4.3	Experimentelle Bedingung C: Lückensätze .....	126
6.5	Modalitätsspezifische Korrelationsanalysen .....	129
6.5.1	Trainingserfolg und Höralter.....	129
6.5.2	Trainingserfolg und Lebensalter .....	130
6.5.3	Trainingserfolg und Versorgungsmodus.....	132
6.6	Auswertung des Fragebogens zum häuslichen Üben.....	134
6.7	Qualitative Datenauswertung .....	136
<b>7.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>139</b>
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	139
7.2	Evaluation und Interpretation.....	146
7.3	Methodenreflexion .....	149

7.4	Klinische Bedeutung der Studie .....	152
7.5	Empfehlungen für Folgestudien .....	154
7.6	Fazit .....	155
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>157</b>
<b>9.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>181</b>
	A: Rankingfragebogen .....	181
	B: Semistrukturelles Interview .....	182
	C: Satzmaterial - Beispiele .....	185
	D: Fragebogen zum Hörtraining .....	189
	E: Tabellarische Darstellung des Untersuchungsablaufs .....	190
	F: Darstellung der Trainingtriples .....	191
	G: Ergebnisse in auditiven Sprachverständnisaufgaben (Gesamtgruppen) .....	193
	H: Ergebnisse im Adaptiv Auditiven Sprachtest (Gesamtgruppen).....	196
	I: Auditives Sprachverstehen: Gruppenstatistik .....	199

#### IV. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Alternierende Darbietungsabfolge der akustischen Stimuli im SSW-Test. ....	26
Abb. 2: Modell der auditiven Wahrnehmung (Lauer, 1999).....	35
Abb. 3: Darstellung der drei Phasen der Sprachverarbeitung nach Friederici (2002). ....	45
Abb. 4: Grafische Darstellung der Hörbahn von dorsal.....	48
Abb. 5: Grafische Darstellung des Corti-Organs. ....	49
Abb. 6: Schematische Darstellung der Hörstufen nach Erber (1982).....	57
Abb. 7: Formel zur Berechnung der Speech Trackingrate nach De Filippo.....	66
Abb. 8: Hirnaktivierung bei gehörlosen Patienten bei Darbietung visueller Stimuli.....	71
Abb. 9: Neuroplastische Veränderung im auditorischen Kortex nach CI (I).....	71
Abb. 10: Neuroplastische Veränderung im auditorischen Kortex nach CI (II). ....	72
Abb. 11: ERP-Messungen bei erwachsenen, normalhörenden Probanden.....	74
Abb. 12: EKPs der CI-Patienten an den Elektroden der Mittellinie. ....	75
Abb. 13: Prosodische Struktur einer Intonationsphrase [IntP].....	91
Abb. 14: Grafische Darstellung des Crossover-Designs im Längsschnittverlauf.....	92
Abb. 15: Versuchsaufbau: Nutzschall und Störschall aus 0 Grad ( $S_0N_0$ ).....	103
Abb. 16: Grafische Darstellung des explorativen Crossover-Designs im Längsschnittverlauf. .....	114
Abb. 17: Grafische Darstellung der Resultate im HSM-Satztest in Ruhe. ....	115
Abb. 18: Grafische Darstellung der Resultate im HSM-Satztest im Störgeräusch. ....	117
Abb. 19: Grafische Darstellung der Schwellenwerte im AAST in Ruhe.....	119
Abb. 20: Grafische Darstellung der Schwellenwerte im AAST im Störgeräusch.....	120
Abb. 21: Grafische Darstellung der Schwellenwerte im AAST_HF in Ruhe.....	121
Abb. 22: Übersicht über Trainingsverlauf der Trainingsgruppe A. ....	122
Abb. 23: Werte der Gruppe A im HSM-Satztest in Ruhe im Zeitverlauf.....	123
Abb. 24: Werte der Gruppe A im HSM-Satztest im Störgeräusch im Zeitverlauf. ....	124
Abb. 25: Übersicht über Trainingsverlauf der Trainingsgruppe B. ....	124

Abb. 26: Werte der Gruppe B im HSM-Satztest in Ruhe im Zeitverlauf. ....	125
Abb. 27: Werte der Gruppe B im HSM-Satztest im Störgeräusch im Zeitverlauf.....	126
Abb. 28: Übersicht über Trainingsverlauf der Trainingsgruppe C. ....	126
Abb. 29: Werte der Gruppe C im HSM-Satztest in Ruhe im Zeitverlauf. ....	127
Abb. 30: Werte der Gruppe C im HSM-Satztest in Ruhe im Zeitverlauf. ....	128

## V. TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Übersicht der Symptomkategorien nach Katz .....	29
Tab. 2: Übersicht der Subprofile ersten Ranges nach Bellis.....	30
Tab. 3: Subprofile zweiten Ranges nach Bellis (2003).....	32
Tab. 4: Diskrimination auditiver Stimuli auf drei Ebenen nach Lauer (1999). ....	38
Tab. 5: Aufmerksamkeitsarten nach Medwetsky (2001). ....	41
Tab. 6: Schematische Darstellung der Themenblöcke. ....	88
Tab. 7: Schwierigkeitshierarchie innerhalb der Themenblöcke.....	89
Tab. 8: Soziodemografische Beschreibung der Trainings- und Kontrollgruppe im Mittel. ..	111
Tab. 9: Tabellarische Übersicht der begleitdiagnostischen Testergebnisse. ....	113
Tab. 10: Leistungsunterschiede differenziert nach Höralter. ....	129
Tab. 11: Leistungsunterschiede differenziert nach Lebensalter: 20-40 LJ und >40-60 LJ....	130
Tab. 12: Leistungsunterschiede differenziert nach Lebensalter: 20-40 LJ vs. >60-80 LJ. ....	131
Tab. 13: Leistungsunterschiede differenziert nach Lebensalter: >40-60 LJ vs. >60-80 LJ... 131	131
Tab. 14: Vergleich zwischen Probanden mit bilateraler und unilateraler Versorgung. ....	132
Tab. 15: Vergleich zwischen Probanden mit unilateraler und bimodaler Versorgung. ....	133
Tab. 16: Vergleich zwischen Probanden mit bilateraler und bimodaler Versorgung. ....	133
Tab. 17: Fragebogen zum häuslichen Üben: Hörtraining in Stunden.....	134
Tab. 18: Fragebogen zum häuslichen Üben: Höranstrengung in Bezug auf das Training.....	135
Tab. 19 Fragebogen zum häuslichen Üben: Höranstrengung vergangene Woche .....	135
Tab. 20: Fragebogen zum häuslichen Üben: Motivation .....	135
Tab. 21: Übersicht über den Versuchsablauf in den fünf experimentellen Phasen.....	190
Tab. 22: Deskriptive Beschreibung der HSM Werte in Ruhe.....	193
Tab. 23: Deskriptive Beschreibung der HSM Werte im Störgeräusch. ....	194
Tab. 24: Vergleich der Trainingsgruppen im Vor- und Nachtest. ....	195
Tab. 25: Deskriptive Beschreibung der AAST Werte in Ruhe. ....	196
Tab. 26: Deskriptive Beschreibung der AAST Werte im Störgeräusch. ....	197

Tab. 27: Deskriptive Beschreibung der AAST\_HF Werte in Ruhe..... 198

Tab. 28: Auditives Sprachverstehen: Gruppenvergleich..... 199

## VI. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AAST	Adaptiver Auditiver Sprachtest
AAST_HF	Adaptiver Auditiver Sprachtest für hochfrequente Wörter
AHA	Akademie für Hörgeräteakustik
ASHA	American Speech-Language-Hearing Association
AVWS	Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung
BL	bilateral
BM	bimodal
bzw.	beziehungsweise
CAPD	Central Auditory Processing Disorders
CI	Cochlea-Implantat, Cochlear Implant
dB	Dezibel
d.h.	das heißt
DGPP	Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie
ebd.	eben dieser, eben diese
EEG	Elektroenzephalogramm
EKP	Ereigniskorreliertes Potential
ELAN	Early left anterior negativity
engl.	englisch
et al.	und andere
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
HA	Hauptakzent
HG	Hörgerät(e)
HSM	Hochmaier-Schulz-Moser-Satztest
ICF	International classification of functioning, disability and health

insg.	insgesamt
IntP	Intonationsphrase
MA	Minimal Attachment
MEG	Magnetoenzephalographie
MMN	Mismatch Negativity
Ms	Millisekunden
N.	Nervus
NT	Nachtest
lat.	lateinisch
LC	Late Closure
LJ	Lebensjahre
LPS	Leistungsprüfsystem
o.g.	oben genannt
PhP	Phonologische Phrase
PS	Phonemic Synthesis
s.	siehe
SNR	Signal-Noise-Ratio
SSW	Staggered Spondaic Word
TAP	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung
TFM	Tolerance-Fading Memory
u.a.	unter anderem
UL	unilateral
vgl.	vergleiche
vs.	versus
VT	Vortest
wpm	words per minute

z.B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem
ZW	Zwischentest

### ABKÜRZUNGEN STATISTISCHER KENNWERTE, PRÜFGRÖßEN & ERGEBNISSE

$H_0$	Nullhypothese
$H_1$	Gegenhypothese
MD	Median
MW	Mittelwert
N	Gesamtstichprobe
n	Stichprobe
RW	Rohwert
RM ANOVA	repeated measure ANOVA
SD	Standardabweichung
$p < 0.05$	nicht signifikant
$p < 0.05$	signifikant
$p < 0.01$	sehr signifikant
$p < 0.001$	höchst signifikant

### SONDERZEICHEN IM RAHMEN STATISTISCHER ABBILDUNGEN

- \* Die Mittelwerte sind als schwarzes Quadrat, der Median als horizontale Linie dargestellt. In der Box befinden sich 75% der erreichten Werte. Die roten Punkte sind Ausreißer.
- > größer
- < kleiner
- $\hat{=}$  entspricht

## VII. ABSTRACT

With increasing confidence in effectiveness and reliability in recent years, the cochlear implant (CI) has been proven as an indication for severe and profound hearing loss and has brought considerable gains to many implant recipients. It should be noted, however, that hearing with a CI cannot be equated with that of typical hearing, and those differences affect sustained auditory language comprehension (Hahne et al., 2012). Furthermore, current research supports the findings that auditory sentence comprehension in adult CI recipients is determined by processing semantic before syntactic information (Hahne et al., 2012; Hahne & Friederici, 2001; Friederici, Hahne & Saddy, 2002). These findings may be due to the lack of prominence of the syntactic elements of spoken language, and the fact that syntactic elements are not always necessary to encode a spoken message. Additionally it might be assumed that variations in the process of auditory sentence comprehension mainly concern processes that cannot be captured in a top-down manner. In contrast, the use of semantic information through the use of contextual knowledge may be much easier.

The present work therefore examines, whether postlingually deaf or hearing-impaired patients focus more on semantic information to interpret linguistic utterances correctly by incorporating contextual information, or apply alternative processing strategies. For this purpose listening training has been developed, which requires both the identification of semantic and syntactic features in the set, and to match sonically fragmentary gap sentences. Furthermore, the empirical study is to contribute to the question of whether to strengthen compensatory strategies or to focus on deficits to overcome hearing limitations. As part of an exploratory cross-over design, 42 postlingually deafened cochlear implant users participated in all training programs. The patients were aged between 20 and 70 years and had been fitted with cochlear implants unilaterally or bilaterally for at least 2 to a maximum of 9 months. They were compared within each group and to a control group who received no training, regarding their linguistic performance in audiometric tests.

Results show that deviations in the process of sentence comprehension mainly concern the extracting of morpho-syntactic information. Furthermore, patients mostly benefit from auditory sentence training which allows the inclusion of top-down driven processes. In summary, all patients benefited from auditory training, but particularly positive performance changes could be found in application of the semantic training set. The success manifests itself in positive changes in auditory speech understanding in quiet and in noise.

# 1. THEORETISCHER HINTERGRUND

Zur Einführung in die vorliegende Studie wird im ersten Kapitel zunächst ein Überblick über Systematik und Funktionalität auditiver Wahrnehmungs- und Sprachverarbeitungsprozesse gegeben, um dem Leser einen verständlichen Eindruck über Zusammenhänge peripherer und kortikaler Informationsverarbeitung zu vermitteln. Ferner werden Modelle der auditiven Wahrnehmung als Grundlage der vorliegenden Arbeit dargestellt und eine Abgrenzung der einzelnen Modellkomponenten gewährleistet. Darüber hinaus werden neuroanatomische Grundlagen vor dem Hintergrund später, neuronaler Reorganisationsprozesse nach Cochlea-Implantation erläutert. Abschließend werden Studien zum aktuellen Forschungsstand auditiver Satzverarbeitung vorgestellt und in Bezug auf die Thematik der Arbeit diskutiert.

## 1.1 AUDITIVE WAHRNEHMUNG

Der gesamte Ablauf der „Auditiven Wahrnehmung“ (lat. *audire* = hören) beschreibt einen eng ineinander verwobenen Prozess, welcher die Fähigkeit subsumiert, auditive Signale im Rahmen zentralnervöser Teilprozesse zu erfassen, zu verarbeiten und kognitiv zu analysieren (Ptok et al., 2010)<sup>1</sup>. Ferner muss die periphere Aufnahme akustischer Reize an dieser Stelle von analytischen Kognitionsprozessen auditiver Reize differenziert werden<sup>2</sup>. Entsprechend der hohen Komplexität auditiver Wahrnehmungsprozesse besteht bis dato keine einheitliche Definition, welche allen Aspekten der Verarbeitung, Wahrnehmung und Verwertung auditiver Reize gerecht wird. Dennoch erscheinen eine kritische Auseinandersetzung und der Versuch ihrer gegenseitigen Integration lohnenswert. In einem Konsensuspapier entschied sich die Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie (DGPP) für eine Spezifizierung des auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsbegriffs um die Aspekte zentraler Hörprozesse in der deutschsprachigen Literatur mit möglichst eng umrissenen Termini zu vereinheitlichen.

*Ptok et al. (2010) definieren auditive Verarbeitung als die „neuronale Weiterleitung sowie Vorverarbeitung und Filterung von auditiven Signalen bzw. Informationen auf verschiedenen Ebenen (Hörnerv, Hirnstamm, Kortex)“.*

*Die auditive Wahrnehmung (Perzeption) hingegen wird als „Teil der Kognition im Sinne einer zu höheren Zentren hin zunehmenden bewussten Analyse auditiver Informationen verstanden“, welche sich aus kognitiven Wahrnehmungsprozessen (bottom-up/top-down) zusammensetzt (ebd.).*

---

<sup>1</sup> Die folgenden Ausführungen sind klar vom Störungsbild der Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS) engl. Auditory Processing Disorder (APD) abzugrenzen (vgl. auch CSHA, 2002).

<sup>2</sup> Während der Begriff „akustisch“ die Lehre vom Schall und Schallverhältnissen beschreibt, bezeichnet der Begriff „auditiv“ die anatomischen Grundlagen und physiologischen Prozesse des Hörvorgangs (Maas, 2006).

Grundsätzlich werden im Rahmen *auditiver Verarbeitungsprozesse* auditive Stimuli von der Cochlea an die zentrale Hörbahn weitergeleitet, auf jener Ebene deren Vorverarbeitung und Filterung stattfindet bevor sie im Rahmen zentraler Analyseprozesse im primär auditorischen Kortex weiter verarbeitet werden. Der *auditiven Wahrnehmung*<sup>3</sup> werden sodann die Be- und Verwertung der auditiven Informationen zugerechnet, die nur in Kooperation mit anderen mentalen Bereichen vorstellbar sind. Bei diesen sensorischen Prozessen werden einfache Reizmerkmale mit Hilfe von datengesteuerten *Bottom-up-Prozessen* (Empfindung, Wahrnehmung, Klassifikation) analysiert und in höhere, mentale Kognitionsprozesse (Erwartung, Wissen, Motivation) eingebunden. Gleichzeitig ist die auditive Wahrnehmung abhängig von konzeptgesteuerten *Top-down-Prozessen*, insbesondere Funktionen und Zuständen wie Aufmerksamkeit, Vigilanz, Wissen, Gedächtnis oder Emotionen, die von einer höheren Ebene auf tiefe Abschnitte der Hörbahn einwirken (Silman, Silverman, Emmer, 2000; Nickisch, 2007).

Betrachtet man die Aufnahme eines akustischen Signals, dessen Verarbeitung als Geräusch und die Wahrnehmung sprachlicher Anteile als hierarchische Funktionsabfolge komplexer Prozesse, so wird deutlich, dass eine Störung des peripheren Hörvermögens auch eine Störung des Sprachverstehens zur Folge haben kann. Dies gilt auch für geringgradige, schwankende oder einseitige Schwerhörigkeiten (Schönweiler, Ptok, Radü, 1998). Ferner können auf Grund einer peripheren Hörstörung Symptome von Hörwahrnehmungsdefiziten in Erscheinung treten, obgleich die zentralen Prozesse des Hörens gänzlich intakt sind.

*Jene „zentralen Prozesse des Hörens ermöglichen u.a. die vorbewusste und bewusste Analyse, Differenzierung und Identifikation von Zeit-, Frequenz- und Intensitätsveränderungen akustischer oder auditivsprachlicher Signale, sowie Prozesse der binauralen Interaktion [...] und der dichotischen Verarbeitung“ (Ptok et al., 2010).*

In Anbetracht der Fragestellung und Zielsetzung der vorliegenden Arbeit beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen sowie die vorliegende Untersuchung auf Störungen der auditiven Wahrnehmung, welche in Folge postlingual auftretender, peripherer und/oder sensorineuraler Hörstörungen im Erwachsenenalter in Erscheinung treten und damit keine *zentrale* Krankheitsentität im engen Sinne beschreiben. Ferner sollen die Auswirkungen peripherer Hörstörungen sowie deren Kompensation durch strukturierte Hörtrainingseinheiten nach Versorgung mit Cochlea-Implantat(en) (CI) berücksichtigt werden.

---

<sup>3</sup> Obgleich bis dato kein einheitlicher Konsens hinsichtlich einer funktionellen und anatomischen Trennung der Begriffe *Verarbeitung* und *Wahrnehmung* existiert, wird im Folgenden auf den Begriff „auditive Wahrnehmung“ zurückgegriffen, welcher die Verarbeitung per definitionem subsumiert (Ptok et al., 2000).

### **1.1.1 MODELLE AUDITIVER WAHRNEHMUNG**

Das Ausmaß auditiver Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen infolge peripherer Schwerhörigkeiten kann mit somatischen Modellvorstellungen, die auf Auslöser und Generierung verbaler und nonverbaler akustischer Reize fokussieren, nicht ausreichend erklärt werden. Ferner existiert bislang kein allgemein gültiges Modell, welches die auditive Wahrnehmung in Abhängigkeit eines hochgradigen Hörverlusts vollständig expliziert. Die im Folgenden dargestellten Modelle enthalten diverse Faktoren, die auf das Zusammenspiel zentraler Kognitions- und Kompensationsprozesse Einfluss nehmen und werden somit der Komplexität der auditiven Informationsverarbeitung gerecht.

#### **1.1.1.1. BUFFALO MODELL NACH KATZ (1992)**

Ein testbasiertes Modell zur differenzierten Untersuchung der auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsleistungen<sup>4</sup> wurde von Katz et al. (1992) konzeptualisiert. Katz (1986) ging davon aus, dass auditiver Input wie jeder andere Sinnesreiz einem Verarbeitungsprozess unterliegt, welcher auf basalen Funktionen des zentralen Nervensystems (ZNS) basiert und eine klare Trennung zwischen auditiver Wahrnehmung und höheren kognitiven Prozessen ausschließt. Um das modellspezifische Konstrukt auditiver Teilleistungen im Rahmen des Verarbeitungsprozesses zu untersuchen, entwickelte Katz eine dreiteilige Testbatterie, welche basierend auf vier Symptomkategorien das Zusammenspiel auditiver Verarbeitungsleistungen in Relation zu ihren anatomischen Teilgebieten spezifiziert.

Staggered Spondaic Word (SSW) Test: Beim SSW-Test handelt es sich um ein Hörprüfverfahren, welches über viele Jahre Anwendung in der audiologischen Praxis fand und vorwiegend zur Untersuchung einseitiger Hirnläsionen nach neurologischen Erkrankungen bei erwachsenen Patienten angewendet wurde. Im Rahmen der audiometrischen Untersuchung werden dem Probanden 40 Paare sich zeitlich teilweise (50%) überlappender gleichbetonter, zweisilbiger Wörter (Spondae) binaural mittels Kopfhörer präsentiert (Katz, 1962, 1968, 1977) (s. Abb.1). Die Darbietung der Testitems beginnt abwechselnd im rechten oder linken Ohr. Ein Ergebnisvergleich in den unterschiedlichen Testbedingungen gibt Aufschluss darüber, ob sich die Leistungen der Testperson im Übungsverlauf verändern.

---

<sup>4</sup> Während die Begriffe „Verarbeitung“ und „Wahrnehmung“ in der deutschsprachigen Literatur eine strikte Trennung erfahren, wird im englischsprachigen Raum vorwiegend die Bezeichnung CAPD verwendet, welche die auditiven Verarbeitungsprozesse mitsamt ihren kognitiven Folgeerscheinungen subsumiert.

	Zeitsequenz	1	2	3
A: Rechtes Ohr		up	stairs	
A: Linkes Ohr			down	town
B: Linkes Ohr		day	light	
B: Rechtes Ohr			lunch	time

**Abb. 1: Alternierende Darbietungsabfolge der akustischen Stimuli im SSW-Test.** (Katz, 1962). Sequenz A: Die Wörter der ersten Sequenz beginnen im rechten und enden im linken Ohr (REF: right ear first). Hierbei konkurrieren die beiden Wörter in Zeitsequenz 2 miteinander. Sequenz B: Die Darbietung der Wörter beginnt hier im linken Ohr (LEF: left ear first). Auch hier konkurrieren die Zielitems in Sequenz 2 miteinander.

Resultierend aus seinen Beobachtungen definiert Katz (1992) vier Arten von Effekten, die bei der Analyse und Interpretation der Testergebnisse beider Seiten unterschieden werden und die Testleistung des Probanden richtungsweisend beeinflussen: Die beiden Untergruppen des *Order effect* zeigen Leistungsveränderungen über den gesamten Testzeitraum an, d.h. ob die Anzahl der Fehler zu Beginn oder gegen Ende der Übung zu- oder abnimmt. Ein Anstieg der Fehlerquote in der zweiten Testhälfte wird als signifikanter „Order effect low/high“ bezeichnet und lässt sich bei Patienten mit Dysfunktionen in der Region des Lobus temporalis posterioris (Heschl’s Gyrus und auditorischer Kortex) feststellen. Zudem zeigen sich funktionelle Einschränkungen in Form verminderter phonematischer Diskriminations- und Sprachverständnisleistungen (Luria, 1966). Im Gegensatz dazu zeigt sich bei Patienten mit Hirnläsionen im Areal des Lobus temporalis anterior eine Abnahme der Fehlerquote im Testverlauf, welche als „Order effect high/low“ bezeichnet wird und sich in verringerten sprachproduktiven Leistungen, funktionellen Gedächtniseinschränkungen und Verhaltensänderungen darstellen kann (Ivnik, Scharbough, Laws, 1987). Als Effekte des *Type A pattern* werden jene Phänomene tituliert, bei denen die miteinander konkurrierenden Wörter der zweiten, sich überlappenden Zeitsequenz konsequent schlechter erkannt werden als die einzeln dargebotenen Items. Diese altersabhängigen, im posterioren Teil des Corpus callosums oder temporo-parietal-okzipitalen Regionen des Gyrus angularis assoziierten Defizite werden auch häufig bei Patienten mit klassischen Symptomen einer Dyslexie beobachtet. Ferner können jene Anzeichen nach Katz als verminderte audio-visuelle Integrationsleistung interpretiert werden. Wird die Wortreihenfolge einer Itemgruppe ohne zusätzliche Wiedergabefehler verändert (z.B.: Zielitems: „upstairs, downtown“; Reaktion: „downtown, upstairs“), so wird diese Beobachtung als *Reversals* bezeichnet. Bereits Luria et al. (1977) lokalisierte zerebrale Auslöser für dieses Phänomen in mittleren Regionen des Cerebrums (fronto-temporo-parietal und prämotorische Areale).

**2. Phonemic Synthesis (PS) Test:** Dieser Synthesetest überprüft die Fähigkeit zur Identifikation und Speicherung auditiver Sprachschalle sowie die Fertigkeit, sprachliche Einzellaute zu Worten zu verbinden (Katz, 1983). Der Hörer wird aufgefordert, in einem zeitlichen Abstand von 1 bis 1,5 sec. auditiv dargebotene Einzelphoneme (Darbietung bei ca. 50 dB über der individuellen Hörschwelle) zu einem einsilbigen Wort zu synthetisieren und laut wiederzugeben (Bsp.: /s-u-p/ = soup). Ferner gibt die Analyse der Lautumstellungen (*reversals*) und verspäteter oder frühzeitiger Reaktionen, Aufschluss über mögliche Defizite bei der Synthese phonematischer Einheiten zu sprachlichen Stimuli (Katz, 1998).

**3. Speech in Noise Test:** Diese monaurale Testbedingung untersucht die Sprachverständnisleistungen im Störschall durch zeitgleiche Darbietung eines Zielitems und einer Störschallbedingung im ipsilateralen Ohr. Hierzu wird unter Anwendung der Hirsh W-22-Aufnahmen (Technisonic Studios, St. Louis) (Hirsh, 1948) bei 40 dB ein konkurrierendes Störgeräusch bei 30 dB auf dem gleichen Ohr dargeboten. Die Differenz zwischen korrekt verstandenen Items in Ruhe und Störgeräusch dient als Indikator für Defizite in der Selektion sprachrelevanter Informationen aus ablenkenden Hintergrundgeräuschen (Katz, 1992).

Die Analyse und Interpretation der Modulergebnisse spiegelt unterschiedliche Eigenschaften wider und erlaubt eine Unterteilung in vier Symptomkategorien, welche das Zusammenspiel (neuro-) physiologischer Regelkreise charakterisieren und zur Konstruktion einer anatomisch-funktionalen Modellvorstellung auditiver Wahrnehmungsprozesse beiträgt:

Die *Decoding Category* beschreibt die Fähigkeit, sprachliche Äußerungen (insbesondere Wort- und Satzstrukturen) bzw. deren phonematische Gestalt analysieren zu können (Nittrouer & Boothroyd, 1990). Einschränkungen dieser kognitiven Funktion zur Analyse sprachlicher Stimuli vermindern die Verarbeitungsgeschwindigkeit auditiver Informationen und bedingen längere Antwortzeiten in Testbedingungen zur Wiedergabe auditiv dargebotener Stimuli (Katz, 1998). Vor allem Kinder zeigen dyslektische Auffälligkeiten des Lesens und Schreibens, Sprachverständnis- und Artikulationsstörungen - bei Lauten, deren Struktur nicht vom Mundbild abzusehen ist. Jene Symptome weisen auf kognitive Dysfunktionen im Bereich des primär auditorischen Kortex hin und können anatomisch in der Region des Lobus temporalis posterior lokalisiert werden (Luria, 1977; Katz, 1992).

Die *Tolerance-Fading Memory (TFM) Category* subsumiert sowohl die Fähigkeit der Figur-Hintergrund-Wahrnehmung bzw. des Sprachverstehens im Störgeräusch als auch die Leistungen des auditiven Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnisses (Katz, 1992). Da auditive

Gedächtnisleistungen i.d.R. im Zusammenhang mit kognitiven Aufmerksamkeitsprozessen zu betrachten sind, werden jene Phänomene in antero-temporalen Regionen (Hippocampus und Amygdala) des Kortex assoziiert (Isaacson & Pribram, 1986). Ferner können Einschränkungen des Lesesinnverständnisses ebenfalls auf reduzierte Gedächtnisleistungen zurückgeführt werden. Betroffene Kinder zeigen zudem sprachproduktive und feinmotorische Auffälligkeiten - vor allem in der Rechtschreibung. Jene Einschränkungen können Dysfunktionen im inferioren (Sprachproduktion) und posterioren Bereich (Motorik) des Frontalhirns zugeordnet werden und charakterisieren dysfunktionale Hirnregionen der TFM (Katz, 1992).

Um der Komplexität der *Integration Category* gerecht zu werden empfiehlt sich eine Unterscheidung in zwei Subkategorien. Symptome der Integrationskategorie I beschreiben klassische Auffälligkeiten einer Lese-Rechtschreibstörung. Jene Beeinträchtigungen werden auf mangelnde visuelle und auditive Integrationsleistungen bei der Phonem-Graphem-Konversion zurückgeführt. Rückführend auf jene Beobachtungen zeigen Patienten sowohl visuelle, linksseitige Orientierungsprobleme beim Abzeichnen geometrischer Figuren, als auch auditiv-phonematische Auffälligkeiten. Ein Vergleich diese Symptome mit den erhobenen Testergebnissen demonstriert eine deutliche Korrelation mit Fehlerarten des *Type A patterns*. Feinmotorische Defizite, welche auf eine eingeschränkte motorische Handlungsplanung zurückzuführen sind, werden der Kategorie II zugeordnet. Auch können stark verzögerte Reaktionen bei Tests zur Überprüfung zentraler Funktionen auftreten. Zudem fallen jene Patienten durch schwache Leistungen in Tests zur Störschall-Nuttschall-Filterung auf, obgleich die Testleistungen im PS-Test unauffällige Ergebnisse demonstrieren. Anatomisch werden beide Kategorien im Bereich des Corpus Callosums des Gyrus angulais lokalisiert. Eine differenzierte Analyse der verantwortlichen Hirnregionen ordnet den posterioren Bereich des Corpus Callosums den Defiziten der Kategorie I und den anterioren Teil den Beeinträchtigungen der Kategorie II zu (ebd.).

Als vierte Kategorie unterscheidet Katz die *Organization Category*. In Ermangelung empirischer Daten beschreibt Katz jene Defizite als Unfähigkeit zur sequentiellen Umsetzung und Ausführung auditiver Anforderungen. Eingeschränkte Sequenzierungsleistungen äußern sich nach seinen Beobachtungen in Wort- und Lautumstellungen im SSW- und PS-Test und weisen auf kognitive Dysfunktionen in den Hirnregionen des Lobus frontalis und temporalis anterioris sowie des postzentralen Gyrus (reversal strip) hin. An dieser Stelle wird ersichtlich, dass Hirnregionen in Prozesse der *Organization Category* involviert zu sein scheinen, die

ebenfalls in der *Decoding* und *TFM Category* aktiv sind. Ferner können auch Auffälligkeiten dieser Fehlerkategorien in den Testergebnissen ersichtlich werden (ebd.).

*Tab. 1: Übersicht der Symptomkategorien nach Katz (1992) (eigene Darstellung).*

Profilbezeichnung	Neurophysiologische Lokalisation	Einschränkungen/Auffälligkeiten
<b>Decoding Category</b>	Primär auditorischer Kortex Lobus temporalis posterior	Artikulationsstörung, Dyslexie, Reduzierte Reaktionszeit bei Verarbeitung auditiver Informationen
<b>Tolerance-Fading Memory (TFM) Category</b>	Inferiorer und posteriorer Bereich des Frontalhirns oder antero- temporaler Cortex	Vermindertes Hören im Störgeräusch, Feinmotorik, Lesesinnverständnis, auditives Sprachverständnis, Arbeitsgedächtnis
<b>Integration Category</b>	Posteriorer und anteriorer Bereich des Corpus Callosums	visuelle/auditive Integration, Dyslexie, verminderte Störschall-Nutzschall- Filterung
<b>Organization Category</b>	Lobus frontalis und temporalis- anterioris und reversal strip	Sequenzierung auditiver Anforderungen, Organisation

### **1.1.1.2. WAHRNEHMUNGSMODELL NACH BELLIS & FERRE (1999)**

Eine weitere Methode, die mit auditiven Wahrnehmungsstörungen einhergehenden Defizite der Sprachverarbeitung in Kategorien zu separieren und den entsprechenden neurophysiologischen Hirnregionen zuzuordnen, beschreibt die Modellvorstellung nach Bellis & Ferre (1999). Grundgedanke ihrer Modelltaxonomie ist eine Bildung und Verknüpfung einzelner Subprofile mit zugrunde liegenden Dysfunktionen und ihren übergeordneten sprach- und lernspezifischen Begleiterscheinungen und Folgedefiziten. Hierzu beschreibt Bellis (2003) eine Kategorisierung in unterschiedliche Subprofile ersten und zweiten Ranges, welche die Auswirkungen auditiver Wahrnehmungsstörungen sowie deren Behandlungsmöglichkeiten genauer charakterisieren und spezifizieren sollen. Im Gegensatz zu dem Modell nach Katz (1992) handelt es sich um ein rein deskriptives Vorgehen, welches den Zusammenhang zwischen auditorisch auftretenden Defiziten und der zugrunde liegenden Neuroanatomie und –physiologie betrachtet, interpretiert und evaluiert. Um eine - den Zusammenhängen auditiver Informationsverarbeitung gerecht werdende – Kategorisierung zu gewährleisten unterscheidet Bellis (2003) drei Subprofile ersten und zwei Subprofile zweiten Ranges, welche in Abhängigkeit ihrer neuroanatomischen Relationen differenziert und erläutert werden sollen.

*Tab. 2: Übersicht der Subprofile ersten Ranges nach Bellis (2003) (eigene Darstellung).*

Profilbezeichnung	Neurophysiologische Lokalisation	Testergebnisse/ Defizite	Einschränkungen/ Auffälligkeiten
<b>Auditory Decoding Deficit</b>	Primär auditorischer Kortex (linkshemisphärisch)	Dichotisches Hören (bilateral); auditive Ergänzung (bilateral)	Auditive Synthese, Hören im Störgeräusch, Analyse, Geräuschunterscheidung,
<b>Prosodic Deficit</b>	Primär auditorischer Kortex (rechtshemisphärisch)	Dichotisches Hören (links); zeitliche Mustererkennung mit/ohne Maskierung	Buchstabieren unregelmäßiger Wörter, Verständnis komplexer, auditiver Inhalte, Pragmatik, monotone Sprechweise, visuelle und Rechendefizite
<b>Integration Deficit</b>	Corpus Callosum (bilateral)	Dichotisches Hören (links); Erkennen zeitlicher Musterabfolgen	Hören im Störgeräusch, beidhändige Koordination, rezeptive Sprachleistungen (Semantik, Pragmatik, Syntax), phonologische Defizite, auditives Gedächtnis, interhemisphärische Integration

*Auditory Decoding Deficit:* Auffälligkeiten, welche die Dekodierung sprachlicher Stimuli betreffen, zeichnen sich durch phonologische Einschränkungen bei der Synthese von Einzellauten zu ganzen Wörtern, sowie durch Lautvertauschungen bei ähnlich klingenden Wörtern und verminderten Lese- und Buchstabierfertigkeiten regulärer und irregulärer Wörter aus. In Abhängigkeit jener phonematischen Defizite verringern sich die sprachrezeptiven Leistungen im Störgeräusch zusätzlich (ebd.). Die Überprüfung der auditiven Fähigkeiten demonstriert sodann verminderte Leistungen sowohl bei dichotischen Sprachtests als auch bei der Ergänzung fragmentarisch dargebotener Wörter und weisen auf linkshemisphärisch zu lokalisierende Dysfunktionen hin. Die verminderten phonologischen Fähigkeiten können zudem auf die mangelnde Repräsentationen der phonematischen Lautstrukturen innerhalb des primär auditorischen Kortex zurückgeführt werden (Kraus et al., 1996) und bedingen eine schwache Phonem-Graphem-Korrespondenz. Ferner ähneln die Auffälligkeiten im Bereich der Dekodierung denen eines hochfrequenten Hörverlusts, welcher mit einer fragmentarischen Weiterleitung des auditiven Inputs einhergeht und Teile der ursprünglichen Nachricht nivelliert. Techniken zur Kompensation der beschriebenen Defizite beinhalten Strategien der Rehabilitation bei Hörschädigung sowie Modifikationen räumlicher

Umgebungsbedingungen zur Optimierung akustischer Gegebenheiten. Leseübungen unterstützen die Fähigkeit, Phoneme mit den entsprechenden Graphemen zu assoziieren und phonologische Fertigkeiten zu erweitern.

*Prosodic Deficit:* Auffälligkeiten, die dem prosodischen Defizit zugeordnet werden, demonstrieren ein teilweise adversatives Bild. Obgleich betroffene Patienten gute Leistungen bei Aufgaben zur Graphem-Phonem-Konversion zeigen, ist ihre Fähigkeit unregelmäßige Wörter als solche zu erkennen und zu buchstabieren deutlich eingeschränkt (Bellis, 2003). Beim Verständnis linguistisch komplexer auditiver Mitteilungen können inhaltliche Verständnisprobleme in Erscheinung treten, obgleich die Nachricht akustisch „gehört“ wurde. In Abhängigkeit jener in der zwischenmenschlichen Konversation auftretenden Missverständnisse werden die kommunikativen und pragmatischen Fähigkeiten als eher gering eingeschätzt - auch fallen sie durch eine monotone Sprech- und Lesemelodie auf. Die Überprüfung der auditiven Fähigkeiten zeigt sodann Einschränkungen beim dichotischen Hören - vor allem auf der linken Seite - sowie verminderte Leistungen bei Aufgaben zur zeitlichen Mustererkennung mit und ohne Rauschen. Sowohl die Verarbeitung linksseitig gehörter dichotischer Stimuli als auch die Erkennung zeitlicher Unterschiede und Strukturen akustischer Stimuli werden in der rechten Hemisphäre des auditorischen Kortex und seinen angrenzenden Hirnarealen assoziiert (Zatorre, Evans, Meyer, 1994). White, Moffitt, Silva (1992) beobachteten zudem Auffälligkeiten der visuellen Figur-Hintergrund-Wahrnehmung sowie verminderte mathematische Fähigkeiten. Einigkeit besteht dahingehend, dass jene prosodischen Auffälligkeiten auf aufmerksamkeitsabhängige Defizite hinweisen und symptomgerecht der auditiven Wahrnehmungsstörung zuzuordnen sind. Zur Bewältigung der beschriebenen Defizite werden sprachtherapeutische Maßnahmen empfohlen, welche sowohl Sprachübungen zur Perzeption und Produktion suprasegmentaler Lautaspekte beinhalten als auch die pragmatischen Fähigkeiten verbessern sollen. In Ergänzung wird nicht selten auf eine psychologische Beratung hingewiesen um sozial-emotionale Verhaltensweisen im Rahmen des gesamten Therapieplans zu stärken.

*Integration Deficit:* Während Dysfunktionen der Dekodierung links- und jene des prosodischen Defizits rechtshemisphärisch zu lokalisierend sind, können Auffälligkeiten des interhemisphärischen Integrationsdefizits im Bereich des Corpus Callosums angesiedelt werden. Betroffene Patienten fallen sodann durch eingeschränkte rezeptive Leistungen in den linguistischen Teilbereichen Semantik, Pragmatik und Syntax auf. Zudem lassen sich

erhebliche Einschränkungen auditiv verbaler Gedächtnisleistungen beobachten, welche sich weiter in reduzierten Lernfähigkeiten verbaler Stimuli äußern. Audiometrische Untersuchungen demonstrieren zudem ein vermindertes Hörvermögen im Störgeräusch. Bei der Überprüfung auditiver Fähigkeiten können linksseitige Auffälligkeiten sowohl beim dichotischen Hören als auch bei Übungen zur zeitlichen Musterabfolge vermerkt werden, die eine kognitive Abgrenzung auditiv dargebotener, verbaler Stimuli von einer Störschallbedingung erfordern (Bellis, 2003). Auch neuropsychologische Störungen lassen sich verzeichnen: Ferner beschrieben Lepore, Ptito, Guillemot (1986) Dysfunktionen bei der Kombination visuellen und auditiven Inputs, beidhändige Koordinationsstörungen und Einschränkungen bei Aufgaben, die eine Hirnhälftenüberkreuzung erfordern, welche im Rahmen einer sensorischen Integrationstherapie gefördert werden sollten.

Neuroanatomisch lassen sich die Symptome der drei Kategorien ersten Ranges auf kognitive Dysfunktionen in der linken und rechten Hemisphäre sowie auf eine mangelnde Interaktion zwischen beiden Hirnhälften zurückführen. Weiter unterscheidet Bellis (2003) Subprofile zweiten Ranges, welche die Kategorien auditiver Wahrnehmungsstörungen charakterisieren und ergänzend zu auditiven Einschränkungen auch sprach- und/oder aufmerksamkeitspezifische Störungen einschließen:

**Tab. 3: Subprofile zweiten Ranges nach Bellis (2003) (eigene Darstellung).**

Profile	Neurophysiologische Lokalisation	Testergebnisse/ Defizite	Einschränkungen/ Auffälligkeiten
<b>Auditory Associative Deficit</b>	Linksseitiger (assoziativer) Kortex	Dichotisches Hören (bilateral)	Eingeschränktes Sprachverständnis: Semantik/Syntax; Verständnis komplexer auditiver Inhalte, Lesesinnverständnis, mathematische Fähigkeiten
<b>Output-Organization Deficit</b>	Temporo-frontale Verbindung und/oder efferentes System	Auditives Gedächtnis bei > 2 Items; eingeschränkte akustische Reflexe	Eingeschränktes Hören im Störgeräusch, motorische Handlungsplanung, Sequenzierung und Organisation, reduzierte expressive Sprache, Wortfindungsstörung

Störungen des *Auditory Associative Deficit* äußern sich in einer mangelnden Verwendung sprachgebundener Regelmäßigkeiten. Eine Überprüfung der sprachlichen Fähigkeiten demonstriert eingeschränkte rezeptive Leistungen, vor allem bei der Verarbeitung linguistisch komplexer Anforderungen zeigen sich zudem syntaktische Fehlbildungen. Die Betrachtung semantischer Sprachleistungen fällt durch eine geringe Nutzung und ein vermindertes Verstehen bestimmter Wortgruppen - insbesondere Antonyme, semantischer Kategorien, Synonyme und Homonyme - auf. Auch schriftsprachliche Defizite können beobachtet werden. Insbesondere Fehler bei der Zeichensetzung, Groß- und Kleinschreibung, Grammatik, Verwendung unterschiedlicher Zeiten und die Bildung von Schachtelsätzen sind bezeichnend für Symptomkategorien dieser Defizitkategorie. Die Überprüfung der auditiven Fähigkeiten zeigt bilaterale Einschränkungen bei dichotischen Sprachtests. In Anlehnung an die auftretenden Symptome wird der assoziative auditorische Kortex für Defizite der syntaktischen Analyse und die Verknüpfung auditiver Informationen mit ihrer semantischen Bedeutung als Hirnregion der zu lokalisierenden Dysfunktion beschrieben. Auch stehen unauffällige Lese- und Rechenfähigkeiten im Gegensatz zu eingeschränkten Lesesinnverständnisseleistungen - vor allem bei mathematischen Aufgaben - und untermauern die Annahme, dass die zugrunde liegende Einschränkung nicht im primär auditorischen Kortex anzusiedeln ist und folglich nicht mit phonematischen Dekodierungsdefiziten einhergeht.

*Output-Organization Deficit*: Während Störungen der auditorischen Assoziation die rezeptiven Sprachleistungen betreffen, zeigen Auffälligkeiten der Output-Organisation Einschränkungen sprachproduktiver Art. So weisen betroffene Patienten sowohl artikulatorische als auch syntaktische Schwierigkeiten in Sprachtests auf. Auch die Fähigkeit auditive Aufforderungen in Handlungsabfolgen zu sequenzieren und Sprache im Störgeräusch zu verstehen ist eingeschränkt. Jene Defizite stehen für eine unorganisierte Verwendung von Sprache und Verhaltensauffälligkeiten sowohl im schulischen als auch häuslichen Umfeld. In Tests zur Überprüfung zentral-auditorischer Leistungen scheitern Betroffene meist bei Aufgaben, welche eine Wiedergabe von mehr als zwei Testitems erfordern obgleich Aufgabenstellungen, die eine phonemische Analyse erfordern problemlos absolviert werden. Bezugnehmend auf jene Beobachtungen assoziiert Bellis (2003) das efferente System und eine unzureichende temporo-frontale interhemisphärische Integration als Ursache vorliegender Symptomatiken. Ferner unterscheiden sich die Strategien zur Kompensation nicht wesentlich von denen des Assoziationsdefizits: Eine sprachtherapeutische Unterstützung

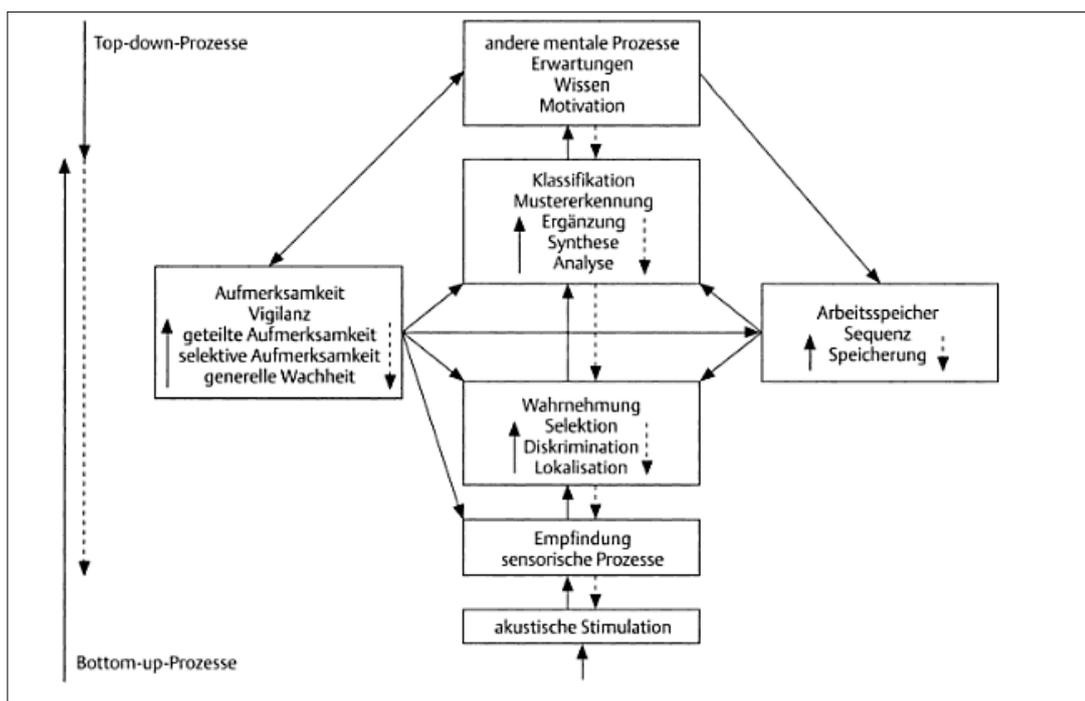
hinsichtlich strukturierter Übungen zur Sprachproduktion und Handlungsplanung, sowie physiotherapeutische Maßnahmen zur Verbesserung der motorischen Handlungsaufführung können ergänzend zu einer modifizierten Gestaltung der Umgebungsbedingungen angewendet werden.

Ein Vergleich der beiden Modelltaxonomien von Katz (1992) und Bellis & Ferre (1999) zeigt sowohl Ähnlichkeiten als auch Unterschiede in der Symptomzuordnung. Während Katz den Defiziten des Organisationsprofils die neuroanatomische Region des „reversal strips“ zuordnet, wird jene Ursache nach Bellis in der Verbindung frontaler zu temporaler Hirnareale betrachtet. Auch ordnet Bellis jene im Buffalo-Modell der Tolerance-Fading-Category zugeordneten Einschränkungen denen des Dekodierungs- oder Organisationsdefizits zu. Das von Bellis titulierte *Prosodic deficit* wird laut Katz der Dekodierungskategorie zugeordnet. Vor allem sprachspezifische Charakteristiken werden nach Bellis dem Assoziationsdefizit zugeordnet und finden sich in der Modellvorstellung nach Katz in allen vier Kategorien. Ein klarer Konsens beider Autoren besteht sowohl in der Verwendung der Begrifflichkeiten zur Symptomkategorisierung (Dekodierung, Integration, Organisation) als auch die Absicht, jene Symptomatiken den entsprechenden neuroanatomischen Bereichen zuzuordnen. Ferner fällt auf, dass der primär auditorische Kortex in beiden Modellen der Dekodierungskategorie und das Corpus Callosum der Integrationskategorie zugeordnet wird und belegt die von beiden Autoren angestrebte anatomische Lokalisation auditiver Defizite im Bereich phonematischer, sprachrezeptiver Dekodierungs- und Integrationsleistungen.

### **1.1.1.3. WAHRNEHMUNGSMODELL NACH LAUER (1999)**

Um den Zusammenhang zwischen kortikalen und kognitiven Prozessen bei der auditiven Wahrnehmung herzustellen, wird im deutschsprachigen Raum häufig auf das Modell nach Lauer (1999) zurückgegriffen. Diese Konzeptualisierung definiert auditive Wahrnehmung als Resultat einer komplexen Interaktion unterschiedlicher Verarbeitungsebenen auditiver Teilfunktionen (siehe Kap. 1.1.2) und ergänzt die bereits beschriebenen hypothetischen Bedingungsfaktoren zentral auditiver Signalverarbeitung durch die Berücksichtigung kognitiver Verarbeitungsmechanismen wie Erwartung, Wissen und Motivation, welche die Informationsverarbeitung modifizieren. Des Weiteren weist es den einzelnen Teilfunktionen unterschiedliche Verarbeitungsebenen zu und ermöglicht eine differenzierte Betrachtungsweise der einzelnen Aufgabenmodalitäten.

Nach erfolgreicher akustischer Stimulation und sensorischen Prozessen werden auf der Ebene der *Empfindung* physikalische Eigenschaften des Reizes in neurale Aktivität umgewandelt, welche dann auf der Ebene der *Wahrnehmung* im Rahmen der Teilfunktionen Lokalisation, Diskrimination und Selektion weiterverarbeitet werden. Dabei können Reize lokalisiert, diskriminiert oder selektiert werden, ohne dass dem Reiz selbst eine Bedeutung zugeordnet werden muss. Erst auf der Ebene der *Klassifikation* wird der Reiz über Prozesse der Analyse, Synthese und Ergänzung als Muster bekannter und/oder vertrauter Inhalte erkannt und erfährt die Zuschreibung einer definierten Bedeutung. Ferner wird eine subjektive, innere Repräsentation des Wahrgenommenen (Perzept) gebildet, innerhalb derer die Merkmale des Wahrgenommenen gespeichert werden (Zimbardo, 2003). Diese Perzeptbildung läuft unbewusst ab (Lauer, 1999; Murch & Woodworth, 1978).



**Abb. 2: Modell der auditiven Wahrnehmung (Lauer, 1999).** Das Wahrnehmungsmodell postuliert die parallele Interaktion zwischen sensorischen und kognitiven, hierarchisch angeordneten Verarbeitungsmechanismen als entscheidendes Kriterium für die auditiven Wahrnehmungsprozesse.

Bei diesen sensorischen Prozessen werden einfache Reizmerkmale mit Hilfe von datengesteuerten *Bottom-up-Prozessen* (Empfindung, Wahrnehmung, Klassifikation) analysiert und in höhere, mentale Kognitionsprozesse (Erwartung, Wissen, Motivation) eingebunden (Silman et al., 2000). Zudem bedingen Bottom-up-Prozesse die Zuwendung der Aufmerksamkeit des Hörers um neue Informationen wahrzunehmen. Ferner beeinflusst das Modul „Aufmerksamkeit“ die „aufsteigende“ Weiterleitung und Verarbeitung der Information

in allen Bereichen und generiert die Basis aller anderen Funktionen. Das Modul „Arbeitsspeicher“ garantiert mit seinen Leistungen „Sequenz“ und „Speicherung“, dass die Reize wahrgenommen und klassifiziert werden. Gleichzeitig ist die auditive Wahrnehmung abhängig von konzeptgesteuerten *Top-down-Prozessen*, insbesondere Funktionen und Zuständen wie Aufmerksamkeit, Vigilanz, Wissen, Gedächtnis oder Emotionen, die von einer höheren Ebene auf tiefere Abschnitte der Hörbahn einwirken (Lauer, 1999; Stoffer, 2002). Ein Beispiel ist die Abhängigkeit der Motivation auf die Aufmerksamkeitsleistung. Erst bei genügend großer Motivation wird genügend Aufmerksamkeit aufgebracht, um z.B. bestimmte Aufgabenstellungen zu bearbeiten und lösen zu können. Zudem tragen jene Top-down-Prozesse Sorge dafür, dass niedrige Informationen an die Erfahrungen und Erwartungen des Hörers assimiliert werden. Die Teilfunktionen „Aufmerksamkeit“ und „Speicherung und Sequenz“ bilden damit jeweils eigene Bereiche, die einen Einfluss auf mehrere Ebenen der auditiven Verarbeitung und die damit verbundenen Teilfunktionen haben. Innerhalb der einzelnen Ebenen zeigt sich eine hierarchische Anordnung der Teilleistungen. Jene Einteilung postuliert eine Zunahme der Komplexität der Leistung mit höherer Einstufung. Ferner wird für die Ebene der Wahrnehmung z.B. angenommen, dass Lokalisationsleistungen leichter einzustufen sind als Leistungen der Diskrimination und jene wiederum leichter als Selektionsleistungen zu betrachten sind. Gleiches gilt für die Ebene der Klassifikation.

In der Modellbeschreibung wurde bereits darauf hingewiesen, dass auf eine serielle Verarbeitung der Teilfunktionen nicht geschlossen werden darf. Zwar sind die einzelnen Verarbeitungsprozesse im obigen Modell (Abb. 2) hierarchisch und seriell dargestellt, doch postuliert Lauer (1999) die parallele Verarbeitung wahrgenommener Reize und fließender Grenzen zwischen den einzeln dargestellten Verarbeitungsebenen. Ihr Zusammenwirken wird mit dem Begriff der *intramodalen* Integration erklärt. Die *intermodale* Interaktion hingegen befasst sich mit den Verbindungen zwischen den einzelnen auditiven Verarbeitungsebenen und anderen Sinnesmodalitäten. Jene beschriebenen, konzeptgesteuerten Interaktionsprozesse finden immer dann Anwendung wenn auditiver Input wahrgenommen und verarbeitet wird.

In der vorliegenden Arbeit soll jene Modelltaxonomie als experimentelle Grundlage zur Entwicklung und Erprobung von Hörtrainingsmaterialien für postlingual ertaubte erwachsene Patienten mit CI erläutert und diskutiert werden. Ferner sollen jene wissensbasierten *top-down-* und *bottom-up-Prozesse* bei der Entwicklung eines Hörtrainingsprogramms auf Ebene der auditiven Satzverarbeitung berücksichtigt werden.

### **1.1.2 TEILFUNKTIONEN DER AUDITIVEN WAHRNEHMUNG**

Ein einheitlicher Konsens bezüglich der Symptomkonstellation auditiver Teilfunktionen existiert zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht. In Anlehnung an eine Einteilung der DGPP (Ptok et al., 2010) und ergänzend zu den aufgeführten Modellen werden die Teilfunktionen auditiver Wahrnehmungsleistungen für verbale und nonverbale, auditive Signale im Folgenden differenziert dargestellt und erläutert. Obgleich es sich um parallel ablaufende Teilprozesse handelt, werden die aufgeführten Teilleistungen gesondert betrachtet um ein besseres Verständnis zu gewährleisten. Weiter werden Ansatzpunkte für Therapie- und Trainingsmaßnahmen aufgezeigt, die sich an den spezifischen Teilleistungen orientieren.

#### **LOKALISATION UND RICHTUNGSHÖREN**

*„Lokalisation ist die Fähigkeit, die Richtung und Entfernung auditiver Stimuli festzustellen“ (Lauer, 1999).*

Die Lokalisationsfähigkeit (*engl.: Sound localization and lateralization*) von Schallquellen inkludiert die Fertigkeit, auditive Reize zu lateralisieren bzw. ihnen eine Richtung zuzuordnen und sie binaural zu hören. Ferner ermöglicht die Wahrnehmung geringer interauraler Zeit- und Intensitätsdifferenzen die exakte Ortung von Schallquellen im Raum in horizontaler und vertikaler Richtung. Auch Veränderungen der Klangfarbe des Schallereignisses unterstützen die Lokalisationsleistung (Rosenkötter, 2003). Diese Fähigkeit wird durch die Fähigkeit des binauralen Hörens wesentlich erleichtert (Boenninghaus & Lenarz, 2007). Auditive Leistungen wie Lokalisation oder Richtungshören ermöglichen es dem Hörer zudem, sich in Situationen, welche das akustische Verstehen erschweren (Cocktail-Party-Effekt) dem für das Verständnis relevanten Signal (Sprecher) zuzuwenden.

#### **LAUTDISKRIMINATION**

*„Lautdiskrimination bzw. Differenzierung ist die Fähigkeit, ähnlich klingende akustische Reize zu unterscheiden (Wahrnehmungstrennschärfe, Lautunterscheidung)“ (Rosenkötter, 2003).*

Die Lautdifferenzierung (*engl.: Phoneme discrimination*) umfasst die Fähigkeit, Unterschiede und Ähnlichkeiten zwischen Geräuschen, Klängen oder Phonemen festzustellen. Hierbei erfolgt zunächst die Einordnung des auditiven Reizes nach Frequenz, Intensität und Dauer (Ptok et al., 2010). Ferner können auditive Stimuli auf drei unterschiedlichen

Wahrnehmungsebenen diskriminiert werden, welche je nach Nähe des distinktiven Merkmals den Schwierigkeitsgrad der Unterscheidungsleistung bedingen.

*Tab. 4: Diskrimination auditiver Stimuli auf drei Ebenen nach Lauer (1999).*

<b><i>Ebene</i></b>	<b><i>Diskrimination auditiver Reize</i></b>
Parasprachliche Ebene	Dauer, Lautstärke, Tonhöhe
Suprasegmentale Ebene	Dauer, Lautstärke, Intonation
Segmentale Ebene	Phonetische Merkmale

### ***LAUTMUSTERERKENNUNG***

„Lautmustererkennung beschreibt die Fähigkeit, aufeinanderfolgende Ton- und Zeiteinheiten (Rhythmus) zu erkennen und zwei oder mehr Töne in ihrer Frequenz zu unterscheiden (Tonhöhenunterscheidung).“ (Rosenkötter, 2003).

Die Speicherung von prosodischen und rhythmischen Elementen der Sprache (*engl.: Auditory pattern recognition*) ist eine Voraussetzung für die Ableitung grammatikalischer Regelmäßigkeiten sowie für Wortbildung und -erkennung (Penner, 2002). Ferner können Defizite in der Lautmustererkennung in einer längeren Verarbeitungsdauer und reduzierter Arbeitsgedächtnisleistungen resultieren.

### ***AUDITIVE SELEKTION***

„Auditive Selektion ist die Fähigkeit zur Unterscheidung bedeutungsvoller Informationen von Umgebungsgeräuschen“ (Lauer, 1999).

Die Teilleistung der auditiven Selektion (*engl.: Auditory performance decrements with competing acoustic signals*) beschreibt die Fähigkeit zur Störschall-Nuttschall-Filterung (synonym Figur Hintergrund-Wahrnehmung), welche dafür Sorge trägt, dass wesentliche akustische Signale von Irrelevanten getrennt werden können und eine Voraussetzung dafür darstellt, Sprache im Störlärm zu verstehen. Ferner steigt der Anspruch an diese Teilfunktion mit Lautstärke und Komplexität des Umgebungslärms. Entscheidend für die erfolgreiche Selektion eines Signals aus dem Störgeräusch sind jedoch nicht nur der Pegelunterschied, sondern auch der Frequenzabstand und die zeitlicher Abfolge der unterschiedlichen Reize (Shamma, 2001).

Sowohl Lokalisation und Selektion als auch die Teilleistung der Summation (Zusammensetzen eines Hörsignals aus verschiedenen Frequenzspektren) sind Leistungen der binauralen Interaktion, welche durch Verrechnung der beidseitigen Höreindrücke möglich ist.

### **ZEITLICHE VERARBEITUNG**

Der Aspekt der Zeitkodierung (*engl.: Temporal aspects of audition*) beschreibt die Fähigkeit, Töne, Geräusche und Sprache zeitlich korrekt zu verarbeiten. Hierfür sind die in Folge aufgeführten Fähigkeiten erforderlich (ASHA, 2005).

### **ORDNUNG VON SEQUENZEN**

Eine weitere Funktion der zeitlicher Verarbeitung im Rahmen der auditiven Teilleistung ist die sequentielle Ordnung von Tönen, Geräuschen oder Lauten (*engl. Temporal ordering*) entsprechend ihrer zeitlichen dargebotenen Abfolge. Die korrekte Wiedergabe der Sequenzen auditiver Stimuli bedingt eine zumindest kurzfristige Speicherung der wiederzugebenden Stimuli und stellt damit eine Erweiterung des Bereiches der auditiven Speicherung dar.

### **MASKIERUNG**

Das Auftreten mehrerer akustischer Reize bedingt das Phänomen der Verdeckung oder Maskierung (*engl. Temporal masking*). Es betrifft die Fähigkeit des Gehörs, zeitlich versetzte oder durch andere Stimuli verdeckte akustische Signale voneinander zu unterscheiden. Sowohl pathologisch-audiologische (z.B. Hörverlust), als auch akustische Umstände können für schlechtere perzeptive Leistungen verantwortlich sein. Insbesondere Echos und Nachhall erzeugen einen sekundären Sprachschall, der mit der Phase des direkten Sprachschalls nicht konform geht und das Sprachverständnis negativ beeinträchtigt (z.B. „Cocktail-Effekt“).

### **LÜCKENERKENNUNG**

Lückenerkennung (*engl. Temporal resolution*) beschreibt die Fähigkeit, in einem Signal oder Geräusch eine kurze Pause oder Unterbrechung erkennen zu können. Ferner ermöglicht die Identifikation gesetzter Pausen die korrekte Erfassung und Interpretation von Sprachsignalen.

### **INTEGRATION**

Die Integration (*engl. Temporal integration*) beschreibt die Fähigkeit, ein zeitlich komprimiertes Geräusch oder Wort erkennen zu können (zeitkomprimierte Sprache).

### ***ERGÄNZUNG AUDITIVER FRAGMENTARISCHER STIMULI***

Nicht selten werden akustische Signale durch äußere Bedingungen verändert oder abgeschwächt, sodass es komplexe analytische, synthetische und ergänzende Leistungen unseres Hörsystems fordert, diese Umstände zu kompensieren (*engl.: Auditory performance decrements with degraded acoustic signals*).

### ***AUDITIVE ANALYSE***

„*Auditive Analyse bezeichnet die Fähigkeit, einzelne Elemente aus einer komplexen akustischen Gestalt herauszulösen*“ (Lauer, 1999).

Diese Teilleistung beinhaltet sowohl die Fähigkeit zur Identifikation von Lauten, Silben und Wörtern aus den stets größeren Einheiten, als auch die Fähigkeit deren Positionsanalyse. Ferner bildet diese Fertigkeit einen wesentlichen Meilenstein für ein erfolgreiches Lesen- und Schreiblernprozess (Trossbach-Neuner, 1991).

### ***AUDITIVE SYNTHESE***

„*Auditive Synthese bezeichnet die Fähigkeit, aus einzelnen Elementen eine komplexe akustische Gestalt zusammensetzen*“ (Lauer, 1999).

Ergänzend zu analytischen Fertigkeiten, beschreibt die auditive Synthese die Bildung von größeren Einheiten durch Zusammenfügen kleinerer Einheiten. Für sprachliche Reize meint dies, aus einzelnen Phonemen Silben, aus Silben Wörter, aus Wörtern Sätze zu bilden.

### ***AUDITIVE ERGÄNZUNG***

„*Mit dem Begriff Ergänzung wird die Fähigkeit bezeichnet, fragmentarische akustische Gebilde zu sinnvollen Informationen zu vervollständigen*“ (ebd.).

Die Fähigkeit zur Ergänzung und Vervollständigung ermöglicht es uns, lückenhafte und veränderte akustische Signale trotz ihrer fragmentarischen Darbietung korrekt wahrzunehmen und zu interpretieren. Hierbei kann es sich um Wort- oder Satzfragmente handeln, die zu semantisch und syntaktisch-morphologisch korrekten Wörtern bzw. Sätzen komplementiert werden sollen. Ferner ist der Anspruch an diese Teilfunktion von Menge und Art der aufgenommenen Informationen sowie dem zu erschließenden Kontext abhängig und wird zusätzlich durch die Selektionsfähigkeit bestimmt. Nur durch Selektion der relevanten Informationen aus der Menge an Umweltgeräuschen, können fragmentarisch wahrgenommene Wörter und Sätze sinnvoll ergänzt werden.

### *AUDITIVE AUFMERKSAMKEIT*

Nicht selten werden neurokognitive Mechanismen wie Aufmerksamkeit und auditive Merkspanne als Teilleistungen in Verständnis- und Diskriminationsprozesse inkludiert, obgleich sie nicht ausschließlich in die Verarbeitung akustischer Reize involviert sind. Ferner sollen jene Bereiche an dieser Stelle nicht differenziert ausgeführt werden, sondern lediglich als Bedingungsfaktoren für die Realisierung zusätzlicher, komplexer Wahrnehmungs- und Verarbeitungsleistungen Erwähnung finden. Die Fähigkeit, auditive Stimuli für einen bestimmten Zeitraum im Gedächtnis zu speichern wird als *auditive Merkspanne* bezeichnet (Lauer, 1999), wobei sich die Dauer der Speicherung auditiver Inhalte in Abhängigkeit von unterschiedlichen Faktoren, z.B. Reizintensität, Aufmerksamkeit, Erwartungshaltung oder Modalität der Sinneswahrnehmung bedingt. Die *auditive Aufmerksamkeit* bezeichnet die Fähigkeit, sich auditiven Reizen zuzuwenden und jene bewusst wahrzunehmen (ebd.). Die Aufteilung nach Sturm (2004) und Medwetsky (2001) (s. Tab. 1.5) unterscheidet unterschiedliche Arten der Aufmerksamkeit und zeigt, dass es sich hier nicht um einen einheitlichen Prozess handelt.

*Tab. 5: Aufmerksamkeitsarten nach Medwetsky (2001).*

<b>Preparatory attention</b>	Vorausplanendes Lenken der Aufmerksamkeit auf bestimmten Stimulus
<b>Rehearsal</b>	Erhöhung der Speicherdauer im Arbeitsgedächtnis durch Wiederholung und Elaboration einer Information
<b>Focused attention</b>	Lenken der Aufmerksamkeit auf ein Signal in Ruhe oder im Störgeräusch
<b>Selective attention</b>	Lenken der Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Stimulus unter vielen
<b>Devided attention</b>	Lenken der Aufmerksamkeit auf mehrere Stimuli gleichzeitig
<b>Sustained attention</b>	Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum
<b>Vigilance</b>	Wachheit um auf ein bestimmtes Signal zu reagieren

In der Praxis lassen sich die einzelnen Teilfunktionen nicht separieren; es erfolgt ein Zusammenwirken aller Teilfunktionen, aus dem im Idealfall eine optimale Verarbeitung der eintreffenden Schallreize resultiert. Zudem bedingen Integrationsprozesse die Verknüpfung mit anderen Sinnesmodalitäten und ermöglichen eine komplexe, intermodale Wahrnehmung.

### 1.2 AUDITIVE SATZVERARBEITUNG

Generell steht am Beginn der auditiven Sprachwahrnehmung die Analyse und Segmentierung der im Lautstrom ankommenden Sprachsignale. Das im Rahmen dieses prälexikalischen Analyse- und Segmentierungsprozesses wahrgenommene akustische Eingangssignal wird sodann mit denen im Lexikon abgespeicherten Lautmustern verglichen und ermöglicht eine Identifikation einzelner Wörter. Hierzu wird auf bereits vorhandenes sprachliches Wissen zurückgegriffen, welches sich als im mentalen Lexikon gespeichertes, lexikalisches Wissen manifestiert und den Abgleich mit mentalen Perzepten zulässt. Weiter unterscheidet man im Rahmen der perceptiven Verarbeitung die *Worterkennung* (engl.: *word recognition*) von der *Satzverarbeitung* (engl.: *parsing*)<sup>5</sup>. Bei der auditiven Satzverarbeitung wird dem gehörten Input zusätzlich eine syntaktische Struktur mit Hilfe grammatischen Regelwissens zugeordnet, die es ermöglicht, dem Satz eine Bedeutung zuzuweisen (Berwick et al., 2013). Zudem erfolgt die semantische Interpretation von Wörtern und Satzstrukturen immer im Rahmen einer konzeptuellen Analyse, welche das konzeptuelle Wissen und seine Verbindungen zum mentalen Lexikon in Anbetracht des sprachlichen Kontextes der Äußerung in Einklang bringt und in einer mentalen Repräsentation resultiert (Jackendoff, 1999).

#### 1.2.1 MODELLE ZUR AUDITIVEN SATZVERARBEITUNG

Die gegenwärtig miteinander konkurrierenden Modellvorstellungen zur Satzverarbeitung unterscheiden sich in erster Linie in ihren Annahmen, wie Subprozesse der Verarbeitung in Relation zueinander organisiert sind. Im Hinblick auf den Prozess des syntaktischen Parsings vertreten *modulare* Syntax-First-Ansätze die Auffassung, dass die initiale Strukturanalyse weitgehend starr und ungestört von anderen kognitiven Prozessen abläuft und primär syntaktische Phrasenstrukturregeln in den Verarbeitungsprozess einbezieht (Frazier, 1990). Jener hierarchischen Sichtweise stehen *interaktive* Modelle (*Constraint Satisfaction Modelle*) (Friederici, 1995; Tabor & Tanenhaus, 2001; Herrmann, 2011) gegenüber, welche durch wechselseitige Restriktionen (*bottom-up/top-down*) einen Abgleich zwischen syntaktischen und semantischen Verarbeitungsebenen vornehmen und zudem nicht-linguistische Informationen berücksichtigen um eine auf allen Ebenen konsistente Gesamtrepräsentation zu erstellen (Grodner, Gibson, Watson, 2005).

---

<sup>5</sup> Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die auditive Satzverarbeitung. Eine Erläuterung sprachproduktiver Vorgänge, lexikalischer Wortverarbeitung oder perceptiver Verarbeitung visuellen Inputs findet an dieser Stelle nicht statt (vgl. Morton, 1970).

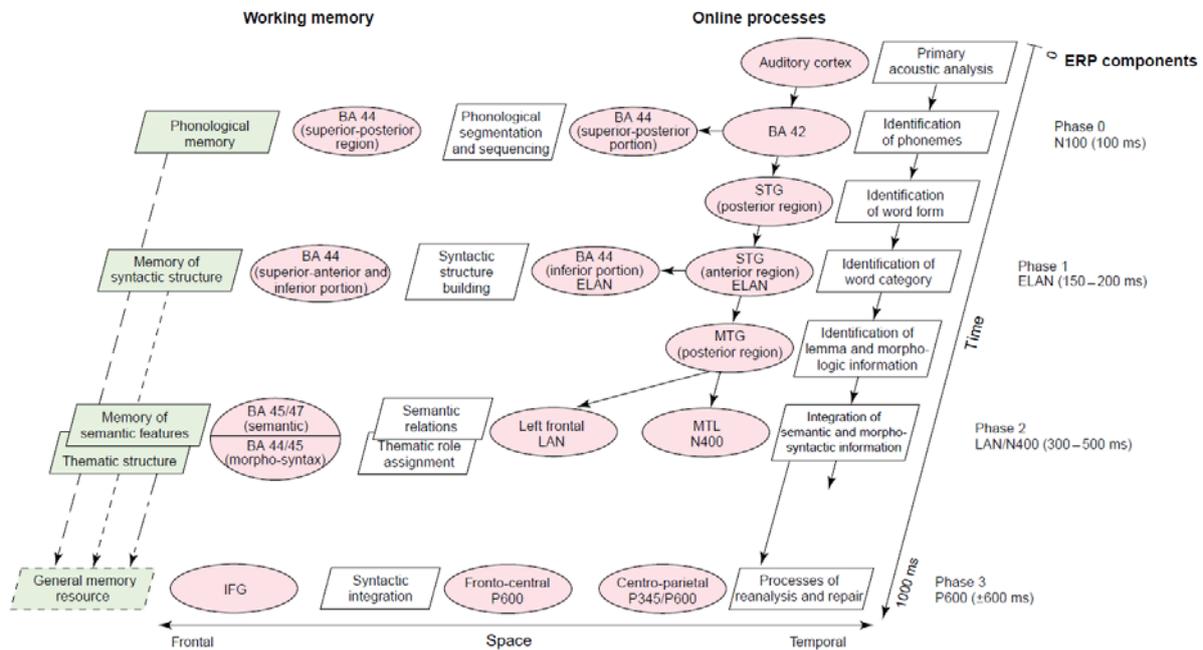
### 1.2.1.1. MODULARES GARDEN-PATH-MODELL (FRAZIER, 1990)

Modulare Ansätze lassen sich auch als strukturgetriebene *Syntax-First-Modelle* bezeichnen, da hier die initiale Phrasenstrukturanalyse als erste verfügbare Repräsentation des Satzes herangezogen und ausschließlich syntaktische Informationen berücksichtigt werden. Stellvertretend für diese Modelltaxonomie unterscheidet das modulare *Garden-Path-Modell* nach Frazier (1978, 1987, 1990) zwei Stufen: In einer ersten Phase (engl. *first-pass parse*) wird auf Basis syntaktischer Informationen eine Initialstruktur des präsentierten Satzes aufgebaut. Hierzu werden Wörter fortlaufend nach Bestimmung ihrer Wortkategorie in eine einzige, möglichst einfache Syntaxstruktur integriert und unmittelbar in einen ‚Phrasenstrukturbaum‘ aufgenommen. Diese initiale Strukturbildung wird von Ökonomieprinzipien bestimmt, indem zunächst möglichst einfache syntaktische Strukturen aufgebaut werden (Frazier, 1995; Frazier & Flores d’Arcais, 1989) und aufgrund jener schnellen Strukturzuweisung einen geringen Verbrauch mentaler Ressourcen erfordert. Zwei dem Parser inhärente Verarbeitungsmechanismen gewährleisten sowohl Ökonomie als auch syntaktische Einfachheit: Das **Late Closure Prinzip (LC)** besagt, dass der syntaktische Parser die aktuell bearbeitete Konstituente so lange wie möglich für die Anbindung weiterer Elemente offenhalten soll (Frazier & Rayner, 1982). Das **Minimal Attachment Prinzip (MA)** gibt an, dass für ein neu eingelesenes Wort stets diejenige syntaktische Anbindung bevorzugt wird, welche im Strukturbaum zu der geringsten Anzahl an Knoten führt. Weiter wird jene erstellte Satzstruktur unter Einbezug zusätzlichen Inputs solange aufrechterhalten bis entweder das Satzende erreicht ist oder Kompatibilitätsprobleme beim Abgleich zwischen weiterem Input und derzeitigen Strukturannahmen auftreten. Sofern Wörter nicht sinnvoll in diesen Strukturbaum integriert werden können, wird eine Reanalyse vollzogen. Im Fall solcher Kompatibilitätsprobleme zwischen vorläufiger Struktur und aktuellem Input treten systematisch Verarbeitungsfehler auf, welche eine nachträgliche Korrektur und Integration oder ein Verwerfen der erstellten Satzstruktur erfordern. Für derartige Korrekturen ist die zweite Phase (engl. *second-pass parse*) vorgesehen, welche im Gegensatz zur ersten Phase nicht allein auf Basis der Wortkategorieinformation operiert sondern auf zusätzliche nicht-linguistische Informationen (Semantik, Weltwissen, Pragmatik) zugreift. Andere Syntax-First Modelle weichen von Frazier’s Ansatz hinsichtlich der Berücksichtigung anderer Prinzipien und Prioritäten ab (Fodor, 1978; De Vincenci, 1991; Gorrell, 1995). Allen gemeinsam ist jedoch der Einbezug eines initialen autonomen Parsingprozesses bei der Erstellung einer hierarchischen Phrasenstrukturerepräsentation.

### 1.2.1.2. INTERAKTIVES SATZVERARBEITUNGSMODELL (FRIEDERICI, 1995)

Als Gegenentwurf zur modularen Syntax-First-Organisation wurden interaktive Modelle konzipiert, welche den vorrangigen Status syntaktischer vor semantischen Informationen während der Satzverarbeitung infrage stellen. Basierend auf fMRT- und Läsionsdaten hat Friederici (1995) ein interaktives Modell zur Satzverarbeitung konzeptualisiert, welches sowohl zeitliche als auch neuroanatomische Parameter berücksichtigt und die Satzverarbeitung in drei Phasen unterteilt.

In ihrem neurokognitiven Modell geht Friederici (1995, 2002) davon aus, dass auf der Basis der Syntax-First-Annahme in einer *ersten Phase* der Satzanalyse (Phase I: 100-300 ms) die Information über die Wortkategorie des aktuellen Wortes extrahiert und eine syntaktische Initialstruktur des präsentierten Satzes aufgebaut wird (Parsing) (Herrmann, 2011). Hierzu wird jedes neue Wort unter Berücksichtigung der Wortkategorie in einen ‚Phrasenstrukturbaum‘ eingefügt. Bildet ein Wort eine Wortkategorie ab, welche nicht in den bislang erstellten Phrasenstrukturbaum eingebunden werden kann, spiegelt sich dies in einer spezifischen Hirnaktivierung wider, die als ein Ereigniskorreliertes Potential (EKP) messbar ist. Ferner folgt Verletzungen der syntaktischen Phrasenstruktur eine links-anteriore Negativierung, welche durch ein negativ polarisiertes Potential über links frontalen Elektrodenpositionen im Elektroenzephalogramm (EEG) anzeigt und als ELAN (engl.: *early left anterior negativity*) angeführt wird (Friederici, Pfeifer, Hahne, 1993; Gunther, 1999). In einer *zweiten Phase* (Phase II: 300 - 500ms) verarbeitet das System zudem parallel und unabhängig voneinander (Gunther et al., 1999) lexikalisch-semantische (Lemma) und syntaktische Merkmale des Inputs unter Einbezug des *mentalen Lexikons*. Repräsentiert wird jener Verarbeitungsprozess durch Negationen auf der Ebene ereigniskorrelierter Potentiale in der ‚N400-EKP-Komponente‘. Weiter werden morpho-syntaktische Informationen involviert, welche die Beziehungen zwischen den Satzelementen determinieren, ebenso wie die im Lexikoneintrag gespeicherten idiosynkratischen syntaktischen Informationen (z.B.: Genus, Kasus, Plural, Flexionsformen) und im Fall einer Selektionsbeschränkung eine LAN-Komponente im EKP hervorrufen. In einer *dritten Phase* (Phase III: 500-1000ms) werden die Ergebnisse der strukturellen, semantischen und thematischen vorhergehenden Prozessphasen zusammengeführt und im Fall nicht integrierbarer Strukturen um einen strukturellen Reanalyseprozess ergänzt, welcher durch eine späte posteriore Positivierung (P600) gekennzeichnet ist, die ihr Maximum an parieto-zentralen Ableitpunkten (Pz) erreicht (Osterhout & Holcomb, 1995; Friederici, 2002; Friederici et al., 2002).



**Abb. 3: Darstellung der drei Phasen der Sprachverarbeitung nach Friederici (2002).** In der ersten Phase wird die Information über die Wortkategorie des aktuellen Wortes extrahiert und eine syntaktische Initialstruktur des präsentierten Satzes aufgebaut. In Phase 2 verarbeitet das System zudem parallel lexikalisch-semantische und syntaktische Merkmale unter Einbezug des mentalen Lexikons. In Phase 3 werden die Ergebnisse der strukturellen, semantischen und thematischen vorhergehenden Prozessphasen zusammengeführt (vgl. Friederici, 2002; S. 79).

Das Modell von Friederici et al. (2002) postuliert damit sowohl eine serielle (1. Phase), als auch parallele Verarbeitung (2. Phase) und Interaktion der verschiedenen Verarbeitungsstufen (Einfluss von 1. Phase auf die 2. Phase, sowie Integration/Reanalyse sämtlicher Informationen aus Phase 1 und Phase 2 in der dritten Phase). Ferner wird in jenem beschriebenen interaktiven dreistufigen Modell des Satzverstehens für die frühe Phase des syntaktischen Strukturaufbaus ein modularer Charakter angenommen, wohingegen in der späten Verarbeitungsphase Interaktionen zwischen semantischen und syntaktischen Informationen auftreten (Trueswell, Tanenhaus, Garnsey, 1994; Van den Brink & Hagoort, 2004; Herrmann, 2011). Zudem kann jener, in der ersten Phase stattfindende Prozess der Initialphrasenstruktur als automatisierter Prozess betrachtet werden, wohingegen die Prozesse der Revision in der späten Phase einen kontrollierten Charakter aufweisen. Jene Beobachtungen der Forschergruppe untermauern die Hypothese, dass Unterschiede in der Verarbeitung semantischer und syntaktischer Informationen bei CI-Patienten und normalhörenden Probanden vorliegen und begründen sowohl Fragestellung als auch Zielsetzung der vorliegenden Forschungsarbeit.

### 1.3 NEUROANATOMIE AUDITIVER WAHRNEHMUNGSPROZESSE

Betrachtet man das signalphonetische Band (Pompino-Marschall, 2003), so befasst sich das folgende Kapitel mit den Bereichen *Gehör*, *Reiztransformation im Ohr* und *Neuronalen Prozessen*. Innerhalb der folgenden Ausführungen werden die Grundkenntnisse von Aspekten peripherer Hörvorgänge vorausgesetzt und sollen nicht näher erläutert werden. Eine Darstellung der Ebenen der zentralen Hörbahn bis zur Verarbeitung auf kortikaler Ebene leitet Kap. 1.3.1 ein. Zudem werden neurophysiologische Grundlagen bei der Wahrnehmung akustischer Stimuli und deren Weiterleitung in Kap. 1.3.2 dargestellt.

#### 1.3.1 ANATOMISCHE LOKALISATION

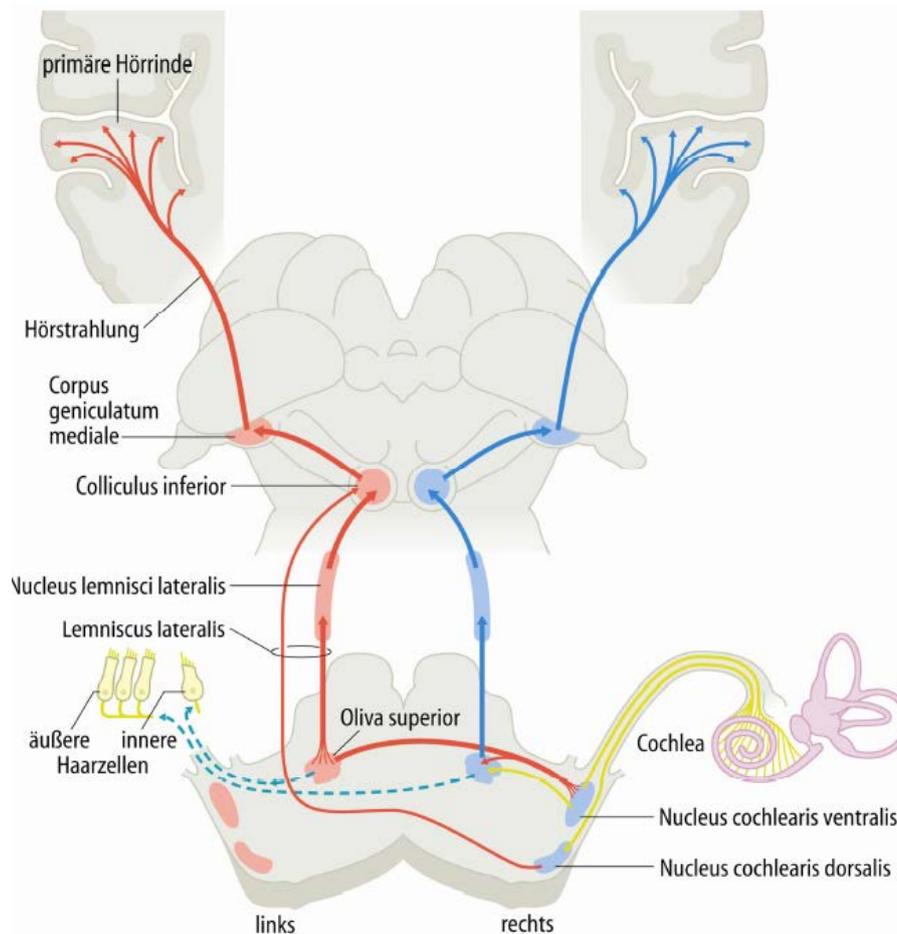
Der anatomische Aufbau des Hörorgans kann als bekannt vorausgesetzt werden (vgl. Boenninghaus & Lenarz, 2007). Ferner sollen im Folgenden die zentralen Anteile des Hörsystems und die kortikale Verarbeitung akustischer Signale nach erfolgter peripherer Aufnahme durch äußeres Ohr, Mittel- und Innenohr erläutert werden.

Der Beginn des zentral-auditorischen Systems lokalisiert sich beim Ganglion spirale cochleae (1. Neuron), das direkt der Cochlea anliegt. Die Dendriten dieser bipolaren und bineuritischen Nervenzellen ziehen zu den Haarzellen, die distalen Axone verbinden das Ganglion spirale mit den Rezeptoren der Cochlea, während sich die proximalen Axone zum N. cochlearis zusammenschließen und nach Vereinigung mit dem N. vestibularis als N. vestibulocochlearis zusammen mit dem N. facialis und N. intermedius in Höhe des Kleinhirnbrückenwinkels in den Hirnstamm eintreten (Zorowka & Höfler, 2000). Die afferenten Fasern des N. cochlearis teilen sich sodann in zwei Äste- den Nucleus cochlearis dorsalis und ventralis (2. Neuron). Diese Kommissurensysteme terminieren fast ausschließlich im ventralen Kern und projizieren von hier gekreuzt und ungekreuzt zu den oberen Olivenkomplexen (3. Neuron) beider Seiten (Mrowinski & Scholz, 2002). Die Verrechnung der Reize beider Seiten ermöglicht binaurale Leistungen des Gehörs. So beruht die Lokalisation von Schallquellen vorwiegend auf Zeit- und Intensitätsunterschieden, die in der oberen Olive ausgewertet werden (Musiek & Oxholm, 2003). Der dorsale Teil des Nucleus cochlearis hingegen zieht zum Nucleus lemniscus lateralis (4. Neuron) der Gegenseite (ebd.). Die Fasern des Nucleus lemnisci lateralis projizieren sodann über den Colliculus inferior (5. Neuron) der Vierhügelplatte (Analyse von Zeitstrukturen) (Klinke, 1995) und den Corpus geniculatum mediale (6. Neuron) (Tonhöhenempfindungen/Musterextraktionen) zum primären auditorischen Kortex in die

Heschl-Querwindung (Gyri temporales transversi) der Hörrinde (BA 41) und die damit letzte Station der afferenten Hörbahn ein (ebd.). Efferente Bahnen, die den sensorischen Input steuern, ziehen von der kontralateralen Olive gekreuzt vorwiegend zu den äußeren Haarzellen und in geringerem Ausmaß von der ipsilateralen Olive ungekreuzt zu den afferenten Hörnervenfasern, die von den inneren Haarzellen der Cochlea abgehen. Die Aufgabe der efferenten Bahnen der zentralen Hörbahn besteht in der aufmerksamkeitsgebundenen Hemmung peripherer Hörimpulse an die jeweilige Hörsituation in Form eines Rückkopplungskreises durch das Rasmussen-Bündel, welches überwiegend die äußeren Haarzellen im Cortiorgan innerviert (Boenninghaus & Lenarz, 2007). Zudem bedingt einer Steigerung der Sensibilität an den äußeren Haarzellen mit anschließender Bahnung des Informationsflusses und verbesserter Detektion von Signalen im Rauschen eine Regelung der auditiven Aufmerksamkeit in Abhängigkeit zur Zeit- und Frequenzauflösung.

Die kortikale Analyse auditiver Stimuli erfolgt sodann in der Hörrinde des Temporallappens. Im primären auditorischen Projektionsfeld (BA 41) werden die Schallreize nach Merkmalen wie Dauer, Wiederholung, Frequenz und Intensität eingeordnet und zur modalitätsspezifischen Verarbeitung divergent an die sekundären Rindenfelder (BA 42) weitergeleitet. Hier erfahren die auditiven Informationen eine kognitive, emotionale und sprachliche Assoziation - die Laute werden als Wörter, Melodien oder Geräusche erkannt. Dies setzt die aus Lernprozessen resultierende Bildung anatomischer Schaltkreise in diesem Areal voraus, welche ein Zuordnen des Gehörten zu (bereits bekannten) Worten und/oder Klängen ermöglichen. In tertiären Rindenfeldern werden gehörte Stimuli sodann intermodal im Bereich der akustischen Aufmerksamkeit, Erinnerung und Intention sowie in Wort-, Sprach- und Musikverständnis integriert (Rohen, 1994).

Die Verarbeitung auditiv-sprachlicher Stimuli erfolgt vornehmlich linkstemporal in den sekundären und tertiären auditiven Zonen des Kortex im Gyrus angularis und im Gyrus supramarginalis. Das sensorische Sprachverständnis ist im Wernicke-Zentrum, dem sekundären akustischen Rindenfeld im Bereich des okzipitalen Gyrus temporalis superior lokalisiert (McAdams & Bigand, 1993). Musikalische Reize und emotionale Schattierungen von Sprachsignalen hingegen werden überwiegend rechtstemporal verarbeitet. Eine Kartographierung dieses Areals ließe sich nach Laut- und Geräuschempfindung vornehmen: im vorderen Anteil überwiegt das Tonverständnis, im hinteren überwiegen Wort- und Satzverständnis; eine tonotope Kartierung lässt sich hier nicht mehr finden (Rohen, 1994).



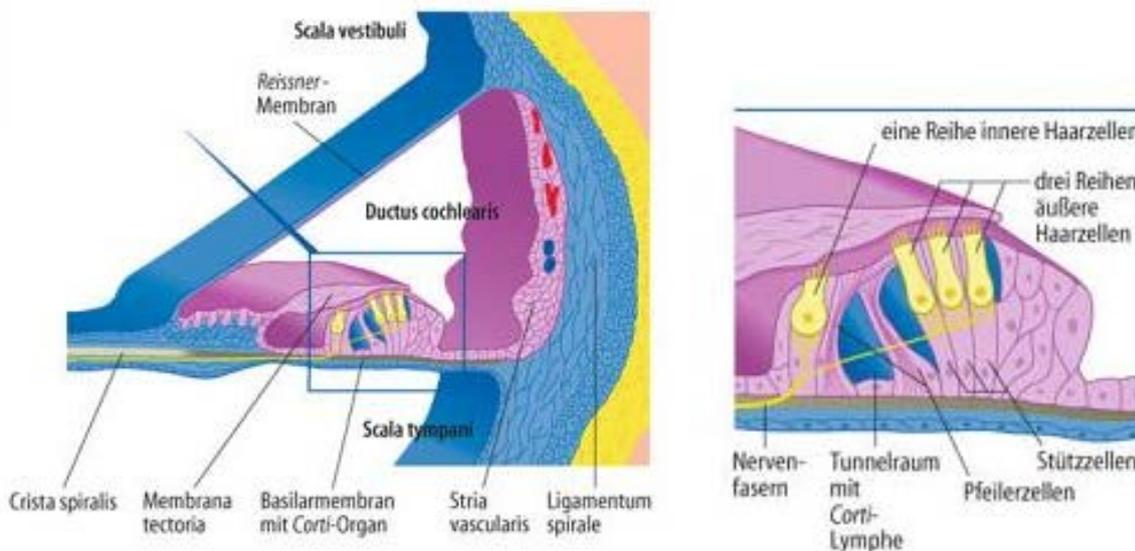
**Abb. 4: Grafische Darstellung der Hörbahn von dorsal.** Die Hörbahn, umfasst sämtliche Strukturen des Zentralnervensystems, die an der Reizverarbeitung beteiligt sind. (afferente Bahnen von der rechten Schnecke, efferente Bahnen zu den Haarzellen des linken CORTI-Organs, ab Oliven grün gestrichelt) (vgl. Boenninghaus & Lenarz, 2007; S. 22).

Entsprechend der hohen Komplexität auditiver Informationsprozesse korrelieren die auditiven Wahrnehmungsleistungen wesentlich mit der Verarbeitung auditiver Stimuli im auditorischen System und bedingen die Fähigkeit, Hörphänomene jeglicher Art (Musik, Sprache, Umweltschall) differenziert wahrzunehmen, sich vorzustellen, emotional zu erfassen, zu verbalisieren und selbst zu produzieren. Ferner ist die Organisation innerhalb des Kortex keinesfalls statisch, sondern ändert sich mit den Anforderungen an das auditive System. Bestimmte Aufgaben der auditiven Wahrnehmung und Verarbeitung sind nicht streng an bestimmte Rindengebiete gebunden, sondern können unter entsprechenden Voraussetzungen auch von anderen Arealen übernommen und so auch bei einer Schwäche in einem Rindengebiet wahrgenommen werden. Damit stellt die Wahrnehmung einen Teil eines komplexen kognitiven und sensorischen Geschehens dar und ist somit sowohl Ausgangspunkt geistiger Tätigkeiten als auch ständige Verbindung zwischen Denken und Sprache.

### 1.3.2 NEUROPHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN

Nach Darstellung der neuroanatomischen Grundlagen der zentralen Informationsverarbeitung dient die nachfolgende Erläuterung physiologischer Hörvorgänge dem besseren Verständnis auditiver Perzeptionsvorgänge<sup>6</sup>.

Akustische Signale werden in Form von schallbedingten Schwingungen über den äußeren Gehörgang, das Trommelfell und die im Mittelohr befindlichen Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel) an die im Innenohr zu lokalisierenden Haarzellen übertragen. Ferner wird die durch den am Trommelfell befindlichen Malleus (Hammer) übertragene Schwingung über die Gehörknöchelchenkette zum Stapes (Steigbügel) weitergeleitet. Die nach innen gerichtete Bewegung der Stapesfußplatte überträgt die Schallwellen in Form von Druckeinwirkung auf das ovale Fenster und leitet sie über den oberen Gang der Scala vestibuli zur Cochlea weiter. Durch das Einwärtsschwingen der Steigbügel Fußplatte wird die angrenzende Perilymphe der Scala vestibuli in das Innere der Cochlea verdrängt. Die inkompressible Flüssigkeit weicht dabei über die Scala tympani zur elastischen Membran des runden Fenster aus, die sich sodann in Richtung des luftgefüllten Mittelohres vorwölbt.



**Abb. 5: Grafische Darstellung des Corti-Organs.** Die eingebetteten Sinneszellen (Haarzellen) ragen mit ihren Fortsätzen (Zilien) in die Deckmembran (Membrana tectoria). Bei Auslösung einer Wanderwelle verschiebt sich die Basilarmembran mit den Haarzellen gegen die Deckmembran; es kommt zur Abscherung der Zilien, welche infolgedessen eine Stimulierung des Hörnervs hervorruft (vgl. Boenninghaus & Lenarz, 2007, S. 18).

<sup>6</sup> Schall bzw. Vibrationen können auch über die Knochenleitung übertragen werden (Lehnhardt & Laszig, 2009). Diese Form der Übertragung soll im Hinblick auf die vorliegende Arbeit jedoch nicht weiter ausgeführt werden.

Die Volumenverschiebungen bedingen wellenförmige Auf- und Abwärtsbewegungen der Basilarmembran mit einer maximalen, frequenzabhängigen Amplitude im helikotremafernen Bereich und einer *tonotopischen*<sup>7</sup> Lokalisation niedriger Frequenzen im helikotremanahen Bereich der Cochlea (von Békésy, 1960). Die durch die Bewegung der Flüssigkeit in der Cochlea erzeugte Vibration der Basilarmembran bedingt eine Verschiebung der Sinneshärchen (Wever-Bray-Phänomen) (Wever, 1939), wobei Frequenz und Wellenform der stimulierenden Schallwellen reproduziert werden und eine Stimulierung des auditiven Nervs hervorrufen. Der Begriff der mechanoelektrischen Transduktion beschreibt die Funktion der Haarzellen, mechanische Energie in elektrische Impulse umzuwandeln und über den Hörnerven bis zum auditorischen Kortex weiterzuleiten. Dieser passive Erregungsvorgang wird im Besonderen durch die äußeren Haarzellen modifiziert, die durch ihre aktive Bewegungseigenschaft die Auslenkung der Basilarmembran nicht nur verstärken, sondern auch schärfer bestimmen können. Die Folgen sind eine Steigerung der Empfindlichkeit und bessere Frequenzauflösung. Somit ermöglichen sie eine dem jeweiligen Schalldruck angepasste Erregung der für den afferenten Informationstransport wichtigen inneren Haarzellen und eine erhebliche Verbreiterung des Dynamikbereichs (Boenninghaus & Lenarz, 2007).

Im Rahmen der mechanoelektrischen Transduktion wird die frequenzspezifische Perzeption eines Tons von der maximalen Amplitude des Schalleindrucks bestimmt: Während hohe Frequenzen kürzere Wanderwellen verursachen und in den basalen Windungen lokalisiert werden, verursachen tiefe Frequenzen längere Wanderwellen in den apikalen Windungen der Cochlea. Die neuronale Interaktion beidseitiger Signale bereits auf Hirnstammebene ermöglicht sodann Richtungshören und räumliches Hören (binaurales Hören) als notwendige Voraussetzungen für ein normales Sprachverstehen im Störgeräusch. Diese frequenzabhängige Ausbildung von Schwingungsmaxima entlang der Basilarmembran (tonotopisches Prinzip), welche durch die Elastizitätsbedingungen dieser Membran und damit verbundene Dämpfungseigenschaften bedingt ist, ermöglicht eine erste Frequenzanalyse im Innenohr. Der von der Wanderwelle verursachte passive Erregungsvorgang entlang der Basilarmembran wird dabei zunächst aktiv verstärkt. Als zelluläre Grundlagen eines solchen aktiven cochleären Verstärkers werden die efferent innervierten äußeren Haarzellen vermutet, welche eine schärfere Auslenkungsabstimmung der Wanderwelle ermöglichen.

---

<sup>7</sup> „Tonotopie“ bezeichnet die Verschlüsselung in Form einer Frequenz-Ortskodierung, oder Frequenzdispersion die den einzelnen Haarzellen in der Cochlea unterschiedliche Tonfrequenzen zuordnen (Wendler, 2005).

Zudem scheint die tonotopische Frequenzanalyse durch eine *Periodizitätsanalyse* des eintreffenden Schallsignals ergänzt zu werden. Die Transmitterfreisetzung der inneren Haarzellen erfolgt in Abhängigkeit von der Phase der Auslenkung der Sinneshärchen (*Phasenkopplung*). Ferner werden auch die an diesen Zellen ansetzenden afferenten Nervenfasern periodisch erregt, was ihre Entladungsrate beeinflusst und die Registrierung der Phasenhäufigkeit eines Signals in direkter Beziehung zu seiner Frequenz ermöglicht. Das Prinzip der Frequenzortsabbildung setzt sich im Hörnerv fort. Da jede Haarzelle einer bestimmten Tonhöhe zugeordnet ist, besteht auch für die an den Haarzellen ansetzenden Nervenfasern eine frequenzspezifische Zuordnung, sodass die Neurone durch jeweilige sogenannte charakteristische Frequenzen (*Bestfrequenzen*) bereits bei niedrigen Schallpegeln optimal erregt werden. Die Periodizitätsanalyse, bei jener die Auslösung der Nervenaktionspotentiale in Übereinstimmung mit temporalen Mustern des akustischen Reizes geschieht, beschreibt einen solchen Kodierungsmechanismus. Zur Kodierung von Informationen über den Schalldruckpegel eines Schallsignals wird sodann die Entladungsrate der Einzelneurone genutzt. Sie steigt bei zunehmendem Schallpegel an, bis das Maximum einer bestimmten Ladungsrate erreicht ist. Man geht davon aus, dass die äußeren Haarsinneszellen bei hohen Pegeln eine dämpfende Wirkung besitzen (*Recruitment*). Sehr starke Basilarmembranschwingungen sollen demnach durch die Verlängerung und Versteifung der äußeren Haarsinneszellen gedämpft werden (Boenninghaus & Lenarz, 2007).

Im Fall einer vorliegenden Gehörlosigkeit bleibt der gesamte Prozess der elektromechanischen Transduktion aus. Ferner ist die Analyse der Frequenz-, Zeit-, Intensitäts- und Phaseninformation von akustischen Signalen gestört, wodurch die Analyse und Integration dynamischer, spektraler und temporaler Beziehungen beeinträchtigt sein kann. Durch die fehlende Verschärfung und Verstärkung der Wanderwelle kann es zu Störungen der Erkennung und Unterscheidung von Schallreizen, des Richtungshörens und der Störgeräuschunterdrückung kommen (Nickisch et al., 2007). Ferner können u.a. die Schallquellenlokalisation, die Spracherkennung im Störgeräusch, das Sprachverstehen in der Gruppensituation, das Verstehen gesprochener Instruktionen oder die Unterscheidung, Identifizierung bzw. Synthese und Analyse von Sprachlauten gestört sein. Durch ein Cochlea-Implantat wird unter Umgehung der gesamten Mittel- und Innenohrfunktion der Hörnerv elektrisch stimuliert, sodass der Betroffene in der Lage ist, erstmals wieder Höreindrücke und Sprache wahrzunehmen.

### 1.4 AUDITIVE REHABILITATION

Als Auditive Rehabilitation (engl. *Aural Rehabilitation*) werden alljene Verfahren, Interaktionen und Trainingsmethoden verstanden, welche die durch die Hörschädigung bedingten funktionellen und sozialen Einschränkungen minimieren und verbessern sollen.

*Boothroyd (2007) definiert den Begriff der Adult Aural Rehabilitation als „the reduction of hearing-loss-induced deficits of function, activity, participation, and quality of life through a combination of sensory management, instruction, perceptual training, and counseling“.*

*Ross (2006) beschreibt jenen Prozess als “any device, procedure, information, interaction, or therapy which lessens the communicative and psychosocial consequences of a hearing loss.”*

Generell ist eine Rehabilitation nach Versorgung mit einem Hörsystem immer dann sinnvoll wenn die Habituation an die neuen Höreindrücke und deren Verarbeitung nicht inzidentell auf natürlichem Wege erfolgt. Zwar existieren einige Fälle, in denen eine Adaption an die neuen Lautmuster durch passive, alltägliche Hörreize erfolgt, doch belegt die Forschung die Notwendigkeit einer auditiven Rehabilitation um den Benefit der Implantation zu optimieren. Obgleich sich einige Patienten auch ohne begleitende Therapie spontan an die neue Hörsituation gewöhnen, zeigen zahlreiche Studien die Abhängigkeit jener beiläufigen Lernprozesse von Faktoren wie Ertaubungsdauer, Grad der Schwerhörigkeit, Zeitpunkt der Ertaubung und der Fähigkeit zur neuronalen Reorganisation (Eggermont & Ponton 2003; Thai-Van et al., 2003; Kelly, Purdy, Thorne, 2005; Kral et al., 2006). Ferner kann nicht unweigerlich von einer spontanen Habituation ohne Hörtraining ausgegangen werden. Zusätzlich stellt sich bei Patienten, die keinerlei rehabilitative Maßnahme absolviert haben die Frage nach möglicherweise größeren Erfolgen im Fall einer Hörtherapie. Geers (2002) und Fu & Galvin (2008) weisen auf die Bedeutung einer Rehabilitation für Hörgeschädigte hin, die neben sensorischen Hilfen (Hörsystemen) auch Trainingsprogramme zur Verbesserung der auditiven Wahrnehmung beinhaltet. Sinn und Notwendigkeit eines derartigen Trainings werden durch die klinische Erfahrung zahlreicher Autoren unterstrichen (Binzer, 2002; Hesse, 2004).

Bezüglich der Zeitdauer einer auditiven Rehabilitation zur Optimierung der neuen Höreindrücke berichten zahlreiche Studien, dass die größten Erfolge innerhalb der ersten drei Monate post implantationem beobachtet werden können (George et al., 1995; Gray et al., 1995; Loeb & Kessler, 1995). Dennoch können auch über den längeren Zeitverlauf stetige Verbesserungen des Hörvermögens unter Hörsystemversorgung nachgewiesen werden

(Tyler et al., 1997). Ferner stützen sich jene Ergebnisse auf die Existenz auditorischer Plastizitätsprozesse, welche die neuronale Reorganisation des Gehirns zur Adaption an die neuen Höreindrücke ermöglicht. Nach Ansicht der Autoren (Fu & Galvin, 2008) bilden jene Erkenntnisse einen Nachweis dafür, dass inzidentelles, passives Lernen alleine nicht ausreicht um die neuronale Plastizität ausreichend zu fördern. Gegenteilig sei ein aktives Hörtraining nötig um die Fähigkeit zur neuronalen Reorganisation auszuschöpfen und die auditive Wahrnehmung zu verbessern. Zur Verbesserung der Hörwahrnehmung nach Hörsystemversorgung dienen multifaktorielle, signalverbessernde Interventionen in Form von *Verfahren zur Kompensation gestörter Funktionen* (z.B. metakognitive Verfahren), *übenden Verfahren* sowie *kompensatorischen Verfahren* zur Optimierung der akustischen Signalqualität (Ptok et al., 2010). Jene Interventionen aus allen Bereichen können einzeln oder kombiniert eingesetzt werden. Auf Grund der Heterogenität der Patienten und ihrer Höreindrücke muss für jeden Patienten ein individuelles Therapiekonzept entwickelt werden, das im weiteren Verlauf entsprechend der bereits erzielten Erfolge angepasst werden sollte (Musiek, Baran, Schochat, 1999). Im Fall einer zugrundeliegenden peripheren Hörstörung sollten Verfahren zur Verbesserung der akustischen Signalqualität immer in den therapeutischen Prozess miteinbezogen werden. Ferner können Maßnahmen zur Verbesserung des Signalstörerschallverhältnisses sowie der Intensitätserhöhung den Höreindruck und damit die Wahrnehmungsleistungen des im Ohr ankommenden Signals z.B. durch Nutzung einer Frequenz-Modulation (FM)-Anlage verbessern (Nickisch, 2007). Eine alleinige Umsetzung jener kompensatorischen Maßnahmen reicht jedoch in der Regel nicht aus um den Prozess der Rehabilitation nach Versorgung mit einem Hörsystem bei erwachsenen Patienten zu optimieren. Ferner sollten übende Verfahren defizitspezifisch und auf der Basis der diagnostischen Befunde einschließlich der sprachlichen und audiologischen Untersuchungsergebnisse erfolgen.

Da sich die vorliegende Arbeit vorrangig mit der Entwicklung eines Hörtrainings für erwachsene Patienten mit Hörgeräten (HG) oder CI beschäftigt, die nach abgeschlossenem Spracherwerb ertaubt sind und im Rahmen einer anschließenden Rehabilitation die perzeptive Verarbeitung neuer Höreindrücke durch Hörtrainingsübungen und PC-gestützte Trainingsprogramme erlernen wollen, wird im Folgenden auf den aktuellen Stand übender Verfahren eingegangen, welche Anwendung in der gängigen Praxis finden. Eine Erläuterung weiterer kompensatorischer Verfahren findet an dieser Stelle keine Berücksichtigung.

### 1.4.1 AUDIOTHERAPIE

Der vom Deutschen Schwerhörigenbund (DSB) verwendete Terminus „Audiotherapie“ subsumiert den Prozess der Rehabilitation erwachsener hörgeschädigter Menschen und ergänzt sowohl die medizinische als auch technische Versorgung mit Hilfsmitteln zur Verbesserung des Hörens durch Beratung und sprachtherapeutische Interventionen. Die Audiotherapie führt die ausführliche Beratung und folgende Versorgung mit Hörgeräten oder Cochlea-Implantat(en) fort und verfolgt das Ziel, dem Patienten die Reintegration und aktive Teilhabe am gesellschaftlichen Leben zu ermöglichen. Ferner versteht sie sich als Schnittstelle zwischen medizinischer Versorgung und der Anpassung von Hörgeräten oder auch bei kommunikativen und psychosozialen Schwierigkeiten. Während die Bereiche medizinische Indikation, Verordnung, Versorgung und Anpassung von Hörschäden bzw. Hörgeräten dezidiert geregelt und straff organisiert sind, ergeben sich bei der nachsorgenden Betreuung Betroffener erhebliche Unterschiede.

Der DSB kritisiert das neue SGB IX (Sozialgesetzbuch Teil IX) und führt an, dass die Kostenerstattung zwar gesichert sei, dennoch aber die

*„überwiegende Anzahl der Hörgeschädigten [...] keine Rehabilitation erhält, sondern [...] – mit den Hörgeräten versorgt – in die Gesellschaft entlassen [wird]“ (Boob & Mansholt, 2000, S. 6).*

Um Patienten, die trotz Hörsystemversorgung über eine unzureichende auditive Kommunikationskompetenz verfügen, zu unterstützen, hat der DSB in Kooperation mit der Akademie für Hörgeräteakustik (AHA) in Lübeck eine Weiterbildung zum qualifizierten Audiotherapeuten initiiert, die ausgebildete Personen dazu befähigt, eine Audiotherapie (DSB) durchzuführen.

Die Audiotherapie umfasst neben der technischen und medizinischen Beratung ebenfalls sprachtherapeutische Maßnahmen wie ein Hör- und Kommunikationstraining für Patienten, die eines zusätzlichen Hörtrainings bedürfen und erfordert eine spezielle Ausbildung zum Audiotherapeuten (DSB). Im Rahmen jener Therapie werden unter Anderem Informationen über Kommunikationsmöglichkeiten vermittelt. Weiterhin werden Copingstrategien und Kommunikationstechniken wie Absehen, Hörtaktik, Hilfsmittel- oder Telefontraining zum Abbau der auditiven Kommunikationsbarrieren in Einzel- und Gruppensitzungen trainiert. Ergänzend zählen die Überprüfung des Hörstatus sowie die Ermittlung des Behinderungsgrades, die Beratung über technische Hilfen und berufliche

Integrationsmaßnahmen sowie die Unterstützung bei formellen Angelegenheiten in Bezug auf die Beantragung von Hörsystemen zu den Aufgabenfeldern der Audiotherapie. Auch die psychologische Beratung und Motivation zur Akzeptanz der Behinderung sind in diesem Prozess eingeschlossen. Die soziale Integration des Betroffenen in Familie und Beruf unter Einschluss von kommunikationsfördernden Maßnahmen auch für das hörende Umfeld steht dabei das höchste Ziel der Audiotherapie. Zusammenfassend soll die Audiotherapie eigenverantwortliche Maßnahmen zur Zusammenarbeit und Abstimmung von Therapie- und Behandlungsplänen, gegebenenfalls mit anderen Fachdisziplinen, koordinieren um soziale Rückzugstendenzen und Isolation zu verhindern (Seidler, 2006).

Nach Seidler (2006) sprechen die Erfahrungen der Audiotherapie in Deutschland dafür, dass die Akzeptanz der Hörgeräte und die Tragedauer gerade bei älteren Menschen deutlich gesteigert werden. Obgleich eine Audiotherapie nicht im medizinischen Sinne zu einer Verbesserung des Hörschadens führen kann, belegen Erfahrungswerte die bessere Integration jener älteren Patientengruppe und eine zunehmende Vermeidung sozialer Isolation. Geers (2002) und Fu & Galvin (2008) weisen auf die Bedeutung einer Rehabilitation für Hörgeschädigte hin, die neben sensorischen Hilfen (Hörsystemen) auch Trainingsprogramme zur Verbesserung der auditiven Verarbeitung beinhaltet. Auch hier zeigt sich, dass die Akzeptanz von Hörsystemen verbessert wird, wenn während des Anpassungsprozesses eine begleitende Hörtherapie erfolgt. Grundlage für den Erfolg einer derartigen Behandlung ist die Voraussetzung, dass Strukturen der Hörverarbeitung auch im hohen Alter noch regenerationsfähig (Willot, Chisolm, Lister, 2001) und damit trainierbar sind. Ferner bilden jene Faktoren zusammen mit der sowohl fachlichen als auch psycho-sozialen Kompetenz des Audiotherapeuten eine gelungene Basis für die erfolgreiche Reintegration und aktive Teilhabe des Hörgeschädigten am gesellschaftlichen Leben.

### **1.4.2 HÖRTRAINING ZUR VERBESSERUNG DER AUDITIVEN WAHRNEHMUNG**

Prinzipiell sollen im Rahmen eines Trainings bestimmte Fähigkeiten und Zielsetzungen durch das Angebot von Übungen und Übungsanleitungen über einen begrenzten Zeitraum erreicht und ausgebaut werden. Nach Wild & Möller (2009, S. 407) beschreibt der Begriff ‚Training‘

*„eine strukturierte und zeitlich begrenzte Intervention, in der mittels wiederholter Ausübung von Tätigkeiten die Absicht verfolgt, Fertigkeiten und Fähigkeiten aufzubauen oder zu verbessern“.*

Das Anbieten eines Hörtrainings in der auditiven Rehabilitation soll dazu dienen, die perzeptuellen Fähigkeiten der Patienten nach Hörsystemversorgung für Klänge und Sprache zu verbessern, die Adaption an die neuen Höreindrücke zu unterstützen und die akustische Signalqualität jener Reize zu verbessern. Die sukzessive Gewöhnung an die neuen Höreindrücke soll dem Patienten die Möglichkeit verschaffen, sich bald wieder in der normalhörenden Gesellschaft zu integrieren und aktiv am Alltagsgeschehen teilzuhaben.

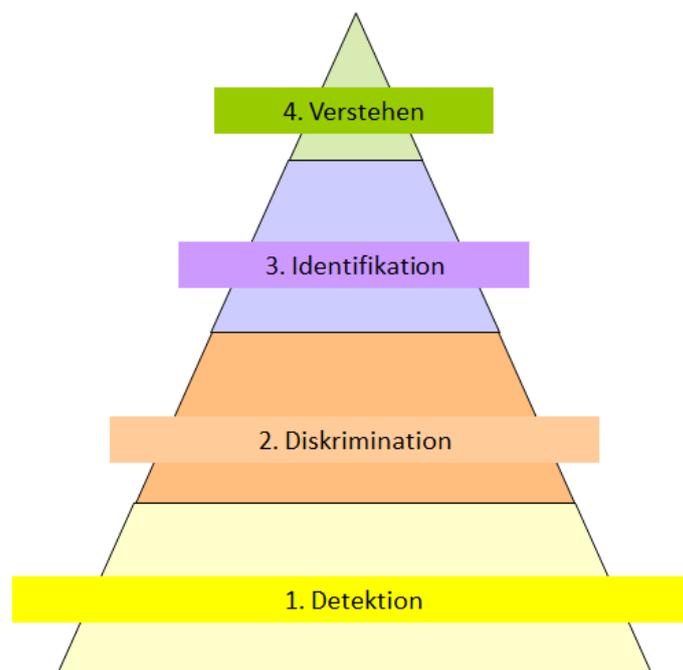
Im Rahmen der Rehabilitation nach Versorgung mit einem CI können verschiedene Methoden des Hörtrainings (engl. *Auditory Training (AT)*) (Stacey & Summerfield, 2008; Fu et al., 2005) zum Tragen kommen. Trainingsverfahren zur Verbesserung der auditiven Wahrnehmung werden inzwischen in zahlreicher Form angeboten. Die Anzahl evaluierter, evidenzbasierter Verfahren oder Wirksamkeitsstudien hingegen ist eher gering (Eder, 2005; Sweetow, 2005; Bloom, 2004). Entsprechend der Mannigfaltigkeit therapeutischer Maßnahmen besteht bis dato kein einheitlicher Konsens bezüglich eines evidenzbasierten standardisierten Vorgehens bei der Konzeptualisierung individueller Hörtrainingseinheiten.

### 1.4.2.1. ADAPTIVES HÖRTRAINING NACH ERBER (1982)

Der didaktische Aufbau des *adaptiven Hörtrainings* nach Erber (1982) basiert auf einem Modell, welches verschiedene Stufen des Hörens berücksichtigt. Jene Modelltaxonomie unterscheidet die reine Wahrnehmung von Geräuschen und sprachlichen Stimuli, deren Unterscheidung und Erkennung sowie deren inhaltliches Verstehen und Abspeicherung im auditiven Gedächtnis. Nach Erber (1982) kann eine hierarchische Entwicklungsabfolge ausgeschlossen werden; vielmehr erfordert das Vermögen höherer Fähigkeiten ein Können vorangegangener Leistungsbereiche (siehe Abb. 11).

Die *Detektion* ist die basale Ebene der Perzeption und umfasst die Fähigkeit, das Vorhandensein auditiver Reize wahrzunehmen (zu entdecken) oder auszuschließen. Jene Ebene schließt die Fähigkeit ein, den Standort einer Geräuschquelle zu identifizieren und zu lokalisieren. Dies ist allerdings nur bei einer bilateralen Stimulation möglich und wenn die Unterschiede der Reizschwelle zwischen den beiden Ohren lediglich geringfügig differiert (Dillon, 2001; Ricketts, Lindley, Henry, 2001). Die *Diskrimination* bezeichnet das Entdecken von Unterschieden und Ähnlichkeiten von Geräuschen und Sprache und schließt die Notwendigkeit des bedeutungshaltigen Verständnisses aus. Jene Unterscheidungsleistung kann als Grundvoraussetzung für die *Identifikation* betrachtet werden, welche die Fähigkeit

umfasst, einen gehörten Reiz zu wiederholen oder auf diesen zu zeigen. Auch schließt diese perzeptive Fähigkeit die Zuordnung von Geräuschen zu ihrer tatsächlichen Quelle (oder einem Bild der Quelle) und die Analyse eines Phonems im größeren Kontext der Sprache ein. Das *Verstehen* bezeichnet die Fähigkeit, den Inhalt des Gehörten zu erschließen und mit bereits bekannten sprachlichen Perzepten abzugleichen. Das Verstehen des Inhaltes und der Bedeutung von Geräuschen, Phonemen, Wörtern, Phrasen oder Sätzen ist zentral bei der Interpretation jener sprachgebundenen Stimuli (Erber, 1982).



**Abb. 6:** Schematische Darstellung der Hörstufen nach Erber (1982) (eigene Darstellung). Der didaktische Aufbau des adaptiven Hörtrainings nach Erber basiert auf einem Modell, welches verschiedene Stufen des Hörens (Detektion, Diskrimination, Identifikation, Verstehen) berücksichtigt.

Typischerweise wird im Hörtraining zwischen Übungen mit sprachunabhängigem und sprachgebundenem Material unterschieden. Während sprachfreie, geräuschbasierte Höraufgaben meist auf der Diskriminations- oder Identifikationsebene angesiedelt sind (Tewes, 2003), beinhaltet der didaktische Aufbau des Hörtrainings für sprachgebundenes Material unterschiedliche Modi linguistischer Übungsebenen (Geräusche, Phoneme, Zahlen, Wörter, Sätze, Texte) und inkludiert ergänzend die Interpretation jener sprachgebundenen Stimuli im linguistischen Kontext. Inwieweit es Transferprozesse zwischen den einzelnen Übungen geben kann, ist nicht hinreichend geklärt (Hesse et al., 2001). Aufgrund der klinischen Beobachtungen sind diese allerdings nach dem derzeitigen Stand des Wissens durchaus zu vermuten (Böhme, 2006). Ferner gilt es jene, in Kapitel 1.1.1.3 beschriebenen

konzeptgesteuerten *Top-down-Prozesse* bei der Auswahl der Übungen zu berücksichtigen und in die Hörtherapie einzubeziehen. Prinzipiell sollte sich der Schwierigkeitsgrad im Hörtraining stufenweise steigern. Ferner obliegt es dem Therapeuten, den Aufbau der Übungen an die individuellen Bedürfnisse des Patienten zu adaptieren und die Komplexität der Übungen z.B. durch Hinzunahme von Hintergrundgeräuschen oder technischen Zusatzoptionen, Ansicht des Mundbildes, Veränderung der Silbenanzahl, Satzlänge oder des thematischen Settings (open oder closed set) zu variieren und dem Patienten sowohl Bestätigung als auch Motivation zu vermitteln.

Um die Rehabilitation zur Teilnahme am gesellschaftlichen Alltag zu optimieren, werden meist alltagsbezogene Übungen zur Verbesserung des Telefonierens, der Wahrnehmung der eigenen Stimme und dem Verstehen fortlaufender Sprache in den Hörtrainingsprozess integriert, welche die Verarbeitung der neuen Höreindrücke in realitätsnahen Situationen unterstützen und optimieren sollen. Hörtrainingsübungen zur Verbesserung des Telefonierens verhelfen dem Patienten zu mehr Autonomie im alltäglichen Leben. Da jene Übungssituation auf Grund des fehlenden Sichtkontakts jegliche visuell kommunikative Hinweise (Gestik, Mimik, Blickkontakt, Mundbild) auf inhaltliche Aspekte der zu vermittelnden Botschaft und die Ergänzung fragmentarischer Äußerungen durch visuelle Hinweise ausschließt, kann das Telefontraining als schwierigste Ebene des Hörtrainings betrachtet werden. Um die Telefonsituation sukzessive an realistische Gegebenheiten des Alltags heranzuführen, werden zuerst bereits bekannte Inhalte (closed set) unter Hinzunahme visueller Vorlagen mit bekannten Personen bzw. Stimmen am Telefon ausgetauscht. Weiter kann der Übungsaufbau hinsichtlich dem Austausch unbekannter Inhalte (open set), unterschiedlicher Satzlängen, unbekannter Gesprächspartner bzw. Stimmen beinhalten und durch Nutzung technischer Zubehörs optimiert werden (Herzogenrath, 2008). Ferner beziehen sich Veränderungen des Schwierigkeitsgrades innerhalb dieser Übungseinheiten auf Variationen thematischer oder prosodischer Aspekte sowie den Einsatz technischer Zusatzoptionen (z.B. Telefonadapter).

Aufgrund der durch die Schwerhörigkeit fehlenden auditiven Eigenwahrnehmung, beinhaltet die Rehabilitation nach CI bei vielen langzeitertaubten Patienten neben dem Hörtraining auch Verfahren zur Verbesserung der Stimmfunktion und der Artikulation. Generell erfolgt die audiophonatorische Rückkopplung über das Gehör (Schönweiler, 2001). Das Hörorgan nimmt das Stimmergebnis auf, verarbeitet und vergleicht es zentral mit der für die jeweilige Situation angemessenen Klangvorstellung (Hammer, 2012). Im Fall einer Gehörlosigkeit bleibt die

auditive Eigenwahrnehmung der Stimme für den Betroffenen aus (Thiel, 2000). Sind Patienten bereits prälingual erblaut oder liegt eine langzeitige Gehörlosigkeit auch nach abgeschlossenem Spracherwerb vor, so verlieren viele Betroffene das Gefühl für eine angemessene Sprachmelodie, Lautstärke und Tonhöhe. Die der Sprachmelodie angemessene Intonation ist nur eingeschränkt möglich, die Stimme ist instabil und wird oft zu hoch oder zu tief angesetzt. Ferner kann die fehlende auditive Eigenwahrnehmung pathologische Veränderungen der Tonhöhe, Prosodie und des Dynamikbereichs bedingen (ebd.). Übungen zur Verbesserung der stimmlichen Qualität hörgeschädigter Patienten beinhalten in der Regel Maßnahmen zur Verbesserung der auditiven Eigenwahrnehmung sowie zur Optimierung des Atemrhythmus, der Sprechstimme und der Artikulationsgenauigkeit.

### 1.4.2.2. *NONVERBALES TRAINING AUDITIVER TEILFUNKTIONEN*

Zahlreiche Therapieverfahren zielen darauf ab, die in der Diagnostik auffälligen auditiven Teilfunktionen zu trainieren. Generell wird zur Verbesserung auditiver Wahrnehmungsfunktionen vor allem das Training der Ordnungsschwelle postuliert (Nickisch, 1999; Veith, 1992; Warnke, 1993, 2006). Grundlage für das Verständnis jenes Verfahrens ist die Differenzierung zwischen Ordnungs- und Fusionsschwelle nach Suchodoletz (2003).

„Die Fusionsschwelle bezeichnet das Intervall zwischen zwei zeitlich aufeinander folgenden Reizen, bei dem zwei Reize gerade noch als verschieden wahrgenommen werden können. Die Ordnungsschwelle hingegen ist die Zeitspanne, in der zwei schnell nacheinander dargebotene Reize unterschieden und in ihre zeitliche Reihenfolge gebracht werden können.“ (Suchodoletz, 2006, S. 136). Im Rahmen des Hörtrainings meint dies also die Zeitfrequenz, in der zwei kurz hintereinander gehörte Töne noch als zwei verschiedene und nicht als ein Ton wahrgenommen werden bzw. bei der Bestimmung der visuellen Ordnungsschwelle „diejenige Zeitspanne, die zwischen zwei Sinnesreizen mindestens verstreichen muss, damit diese getrennt wahrgenommen und in eine Reihenfolge gebracht werden können“ (Pöppel, 1994).

In der **Hörtherapie nach Warnke** (1998) wird besonderer Wert auf das Training der Low-Level-Funktionen<sup>8</sup>, insbesondere der *Ordnungsschwelle* und der *Koordination beider Hirnhälften* gelegt, um Störungen der zentralen Hörverarbeitung und der

---

<sup>8</sup> Sensorische Funktionen und Fertigkeiten entwickeln sich in einem hierarchischen Stufenmodell von unten nach oben (phonetische, phonologische, semantisch-lexikalische, morphologisch-syntaktische Ebene). Ein Defizit auf der Low-Level-Ebene bedingt eine Beeinträchtigung der darüber angesiedelten Funktion (Ptok et al., 2010; Buller & Ptok, 2001).

Sprachwahrnehmung zu beeinflussen. Diese Low-Level-Funktionen unterliegen einem natürlichen Alterungsprozess und nehmen bei unzureichender Stimulation – vor Allem infolge einer Hörminderung - bereits ab dem 20. Lebensjahr ab (Warnke, 1993). Durch gezieltes Training können diese Funktionen der zentralen Hörverarbeitung reaktiviert werden. Das Training der Ordnungsschwelle nach Warnke basiert auf der Erfahrung, den Synergieeffekt zwischen der zentralen Seh- und Hörverarbeitung zu nutzen indem die zumeist schnellere visuelle Ordnungsschwelle betroffener Patienten, die langsamere auditive Ordnungsschwelle beschleunigt. Hierzu bedarf es der Nutzung eines speziellen Geräts (Brain-Boy<sup>®</sup>), welches die auditiven Wahrnehmungsleistungen durch Darbietung visueller und akustisch lateralisierte Stimuli in acht Trainingsstufen trainiert. Sowohl beim Training soll die visuelle und auditive Ordnungsschwelle für beide Seiten als Grundlage für die Verbesserung der Wahrnehmungstrennschärfe dienen. Hierzu werden jeweils zwei Reize (Lichtblitze oder Klicks) von links nach rechts in randomisierter Reihenfolge und in sich reduzierenden Zeitabständen dargeboten und sollen in ihrer Darbietungsseite durch Tastendruck auf das Gerät zugeordnet werden. Bei vier zutreffenden Reaktionen verkürzt sich der Abstand zwischen den Reizen um 10 Millisekunden und verlängert sich bei einer falschen Reaktion um denselben Betrag. Weiter ist das Training des *Richtungshörens* durch die Bestimmung der Darbietungsseite eines akustischen Klicks, die *Tonhöhenunterscheidung* durch Darbietung zweier Töne unterschiedlicher Tonhöhenintervalle sowie die Bestimmung der *Zeit-Mustererkennung* mit dem Brain-Boy<sup>®</sup> möglich. Hierzu hört der Proband eine Folge von drei Tönen identischer Frequenz. Zwei der Töne sind gleich lang, einer ist doppelt so lang. Der Proband soll angeben, an welcher Position (vorn, mittig, hinten) er den längeren Ton gehört hat. Dauer der Töne und Pausen verändert sich erfolgsabhängig. Zum Messen und Trainieren der *Wahl-Reaktionszeit* (Choice-Reaction-Time) hört der Proband je einen Ton von links und von rechts. Der Proband wird angeleitet, jene Tastenseite zu drücken, auf jener der tiefere Ton präsentiert wurde. Gemessen wird die durchschnittliche Reaktionszeit bei vierzig aufeinander folgenden Tonpaaren. Das Training der *Frequenz-Mustererkennung* wird durch die Darbietung dreier Töne realisiert, wobei zwei identisch sind und sich einer der Töne in seiner Tonhöhe unterscheidet. Der Proband soll angeben, an welcher Position – vorne, mittig, hinten – er den abweichenden Ton gehört hat. Nach Warnke (1993, 2006) wird eine fehlerhafte zentrale Hörverarbeitung auch durch die unzureichende Koordination der beiden Hirnhemisphären verursacht.

Das Training der *Koordination beider Hemisphären* mit dem *Lateraltrainer* basiert auf der Erkenntnis, dass Wörter interhemisphärischen Netzwerken entsprechen und über beide Hirnhälften organisiert sind. Ferner wird beim Lateraltraining eine Modell-Stimme in Kunstkopf-Stereophonie ständig abwechselnd beiden Ohren zugeführt. Gearbeitet wird dabei mit dem Lateraltrainer. Weiter kann mit dem Lateraltrainer das Lesen von sinnfreien und sinnvollen Texten und das Diktatschreiben geübt werden. Zudem wird im Rahmen jener Übungseinheiten das *Fingertapping* (Hemisphären-Koordination) des Probanden durch zeitgleiches Mitklopfen zu einem vorgegebenen Links-Rechts-Takt trainiert. Ebenfalls mit dem Lateraltrainer wird das Unterscheiden von Lauten geübt (EPI-EFI-Training) und soll die Diskriminationsfähigkeit auditiver Wahrnehmungsleistungen fördern.

Ein weiteres gerätebasiertes, nonverbales Hörtraining, welches sich ebenfalls neurokognitive Reorganisationsprozesse zu Nutze macht, ist das Hörtraining mit **FonoForte**<sup>9</sup> (Fischer, 2006) Im Rahmen jenen Trainings mit dem Hörtrainer können fünf unterschiedliche Übungen durchgeführt werden, welche basale Funktionen der sprachfreien Hörwahrnehmung überprüfen und trainieren. Übungen zur Lautstärken- oder Tonhöhen-Unterscheidung, Lückenerkennung im Störgeräusch oder Zeit- und Seitenordnung realisieren das Training der auditiven Wahrnehmungsleistungen mit dem FonoForte<sup>®</sup>-Gerät: In der Aufgabe der *Lautstärkedifferenzierung* werden zwei unterschiedlich laute Geräusche in beliebiger Reihenfolge dargeboten. Die beiden Töne – weißes Rauschen von je 300 ms Länge – werden mit einem Interstimulus-Intervall von 150 ms dargeboten. Das Referenzsignal hat eine Intensität von 55 dB. Bei der Übungsebene mit dem größten Lautstärkeabstand beträgt die Lautstärkedifferenz 11,9 dB, d.h. die entsprechende Lautstärke des Testtons beträgt 66,9 dB. Der geringste Lautstärkeabstand wird durch eine Differenz von 0,3 dB gebildet. Es soll überprüft werden, wie gering der Intensitätsunterschied zweier Geräusche sein darf, damit er noch wahrgenommen werden kann. Die Ermittlung der *Tonhöhendifferenzierung* erfolgt durch Darbietung zweier Töne unterschiedlicher Frequenzen, bei denen der Patient entscheiden soll, ob der zweite Ton der höhere oder der tiefere ist, wobei sich die Frequenzen der Testtöne im Zeitverlauf immer mehr annähern. Die Referenzfrequenz beträgt 1000 Hz. Beide Töne dauern jeweils 300 ms mit einem Interstimulus-Intervall von 150 ms und werden mit einer Testlautstärke von 64 dB präsentiert. Der leichteste Testton hat eine Frequenz von

---

<sup>9</sup> Während sich das Hörtraining mit FonoTrain für Personen im Alter zwischen 7-35 Jahren eignet, erlaubt FonoForte eine höhere individuell einstellbare Lautstärke und ist daher auch bei älteren Menschen einsetzbar. Überprüft werden die jeweiligen Leistungen sodann mit dem FonoFix-Gerät.

1258Hz, die schwerste zu erkennende Unterscheidungsstufe beträgt 1Hz. Bei der Aufgabe zur *Lückenerkennung* soll ermittelt werden, wie kurz eine Unterbrechung zwischen zwei Geräuschen sein darf, damit sie noch wahrgenommen wird. Hierzu werden entweder zwei kurze und danach ein langes Geräusch dargeboten, oder zunächst das lange und anschließend die kurzen. Es soll beurteilt werden, ob die kurzen Geräusche zu Beginn oder erst zum Schluss zu hören waren. Diese Reihenfolge wechselt beliebig. Im Laufe des Tests wird die Lücke zwischen den kurzen Geräuschen immer weiter reduziert um zu überprüfen, wie lang eine Lücke sein muss, damit sie von der Testperson noch wahrgenommen wird. Das wachzunehmende Interstimulus-Intervall wird durch weißes Rauschen mit einer Lautstärke von 65 dB und einer Dauer von maximal 85 bis minimal 1 ms gefüllt. Die Erfassung der *Zeitordnung* zweier Töne geschieht durch die Darbietung zwei unterschiedlich hoher Töne (1000 Hz und 1120 Hz) auf dem rechten Ohr in beliebiger Reihenfolge. Hierbei soll beurteilt werden, ob der zweite Ton der höhere oder der tiefere ist. Die beiden Töne dauern jeweils 200ms und haben eine Lautstärke von 64 dB. Das Interstimulus-Intervall beträgt in der leichtesten Bedingung 1145ms, in der schwierigsten 1ms. Die zeitliche Abfolge wird zunehmend verkürzt, um herauszufinden, wie lang das minimalste Zeitintervall zwischen zwei Tönen sein darf, damit sie noch zeitlich getrennt voneinander wahrgenommen werden können, bevor sie zu einem einzigen Ton verschmelzen. Die *Seitenordnung* überprüft das zeitliche Auflösungsvermögen beider Ohren. Dafür werden 2 Klicks von je 10 ms Dauer bei einer Lautstärke von 55 dB dargeboten, einer davon auf dem rechten, der andere auf dem linken Ohr. Es soll beurteilt werden, auf welchem Ohr das zweite Geräusch ertönt. Bei dieser Aufgabe wird überprüft, bis zu welchem zeitlichen Intervall die zeitliche Abfolge der Wahrnehmung beider Ohren noch bestimmt werden kann. Das leichteste Interstimulus-Intervall beträgt dabei 1145 ms, das schwierigste 1 ms.

Ein im amerikanischen Raum weit verbreitetes Therapieprogramm für die Behandlung von auditiven Wahrnehmungsstörungen ist das **FastForWord Program**. Darin werden sprachliche und nichtsprachliche akustische Signale hinsichtlich der zeitlichen Prozesse künstlich so verändert, dass ihre Wahrnehmung für die betroffenen Patienten zunächst erleichtert wird. Das Programm beinhaltet Aufgaben zur Diskrimination, Analyse und Identifikation von Signalen und zur zeitlichen Ordnung von Stimuli. Durch ein adaptives Verfahren werden die einzelnen Aufgaben, in Form von unterschiedlichen Computerspielen (Tallal et al., 1998; Travis, 1996) zunehmend schwieriger. Technisch zunächst verlängerte zeitliche Prozesse in den Trainingsaufgaben werden bei guten Leistungen folglich immer

kürzer und an die natürliche Situation angepasst (Ferre, 2001). Eine Studie von Gillam et al., (2001) untersucht die Wirksamkeit jenen Verfahrens im Vergleich zu einem verbalen Trainingsprogramm. Dabei zeigte sich, dass bei allen Probanden Verbesserungen der auditiven Aufmerksamkeit und einzelner sprachlicher Fähigkeiten zu verzeichnen waren, und kein Unterschied bestand, ob die Patienten mit dem FastForWord oder mit dem anderen Computerprogramm trainiert worden waren (Phillips, 2002; Musiek et al., 2002).

Die von dem französischen Arzt Alfred **Tomatis** entwickelte Verfahren der „Hörkur“ (Tomatis, 2000; 2004) diente ursprünglich der Therapie zur Verbesserung der Kommunikationsfähigkeit und für die Behandlung psychischer Störungen. Das nach Eder (2005) esoterisch anmutende Vorgehen beschreibt die Kybernetik von Gehör, Sprache und Psyche und misst der vorgeburtlichen Hörwahrnehmung und deren patientierter elektronischer Nachahmung zur Verbesserung der auditiven Wahrnehmungsfunktionen eine besondere Bedeutung zu. Tomatis ging von der Vorstellung aus, dass besonders die hohen Töne in der pränatalen Phase wahrgenommen werden (Knochenleitung in der Schwangerschaft; Becken als Resonanzkörper) und schrieb den hohen Frequenzen damit eine besonders heilsame Wirkung zu<sup>10</sup>. Basierend auf dieser Annahme arbeitete Tomatis mit speziell gefilterten Klängen und gefilterter Sprache, die den betroffenen Personen über Kopfhörer zugeführt wurden und den Hörer akustisch in den Mutterleib zurückversetzt. Es werden Klänge von Mozart wie auch Gregorianische Choräle eingesetzt und mit Hilfe des Gehirn-Activators, einem speziellen elektronischen Gerät bearbeitet und auf die jeweilige Problematik abgestimmt. Auch die mütterliche Stimme wird in Form von Tonbandaufzeichnungen eingespielt und soll zum Therapieerfolg beitragen. Tomatis-Zentren haben sich mittlerweile in der ganzen Welt etabliert. In den letzten Jahren wurde sie jedoch von Claudia Nyffenegger in der Schweiz unter dem Namen „Auricula-Therapie“ weiterentwickelt (Karch et al., 2000; Rosenkötter, 2003). Hinsichtlich der Wirksamkeit des Hörtrainings nach Tomatis finden sich unterschiedliche Meinungen. Die Gesellschaft für Neuropädiatrie, der Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Audiologen und Neurootologen (ADANO), der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie und der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie distanziert sich in ihrer Stellungnahme ausdrücklich von der Wirksamkeit des Hörtrainings nach Tomatis (Karch et al., 2000). Es sei zwar nachgewiesen,

---

<sup>10</sup> Anmerkung: Entgegen der üblichen Vorstellung, dass das ungeborene Kind vorwiegend tiefe Frequenzen (Puls der Mutter, Darmgeräusche, tieffrequente Geräusche der Außenwelt) hört, fand er heraus, dass der Fötus ausschließlich Frequenzen ab 8000 HZ hören kann.

dass Kinder vorgeburtlich bereits akustische Reize wahrnehmen, eine weitreichende Auswirkung der mütterlichen Stimme für die Sprachentwicklung und die gesamte psychomotorische Entwicklung des Kindes könne daraus jedoch nicht abgeleitet werden. Auch die von Tomatis behauptete einzigartige Bedeutung des Ohres für die Sprachentwicklung sei ebenso wenig nachvollziehbar wie die Vorstellung, dass bei Vertikalisierung des kindlichen Körpers Klangenergien besser wirksam sein könnten. Ferner wird in der Stellungnahme darauf hingewiesen, dass das Hörtraining nach Tomatis zwar weite Verbreitung gefunden habe, seine Effektivität aber weder in wissenschaftlicher Hinsicht bewiesen noch schlüssig nachvollziehbar sei. Es bleibe unwahrscheinlich, dass gefilterte Musik oder Sprache den von Tomatis geschilderten Effekt auf Verbesserung auditiver Wahrnehmungsleistungen habe. Klicpera & Gasteiger-Klicpera (1996) berichten von den Auswirkungen einer Schulung des zentralen Hörvermögens nach „edukinesiologischen“ Konzepten. Nach einem 10-wöchigen Training und dem Einbezug einer Kontrollgruppe zeigte sich insgesamt ein deutlicher Anstieg der Lesegeschwindigkeit nach gezielter Schulung des binauralen Hörens und wiederholtem Mitlesen bei den an der Studie teilnehmenden Kindern.

Insgesamt existieren zur Wirksamkeit sprachfreier Trainingsverfahren sehr widersprüchliche Aussagen. Zwar werden jene Verfahren in der Öffentlichkeit hinreichend propagiert und an ausgewählten Einzelfällen berichtet, doch demonstrieren wissenschaftliche Untersuchungen einzelner Methoden gegensätzliche Ergebnisse (Kühn-Inacker & Weinmann, 2000; Suchodoletz, 2003; Tewes, 2003; Eder, 2005). So wurde z.B. für das Training der Ordnungsschwelle mehrfach nachgewiesen, dass es keine Auswirkung auf Sprachleistungen habe (Phillips, 2002; Musiek et al., 2002). Die von den Autoren durchgeführte Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass die Überprüfung der Ordnungsschwellen und der Zeit-Mustererkennung mit dem BrainFit®-Gerät nicht zuverlässig und aussagekräftig gemessen werden können. Die Studienergebnisse der Autoren belegen eine immense interindividuelle Streuung in der untersuchten Stichprobe, wobei die gemessenen Ordnungsschwellen zwischen 19ms und ca. 800ms variieren (ebd.). Sie interpretieren jene Ergebnisse eher im Sinne einer Lernleistung als im Sinne eines Wahrnehmungstrainings. Zusammenfassende Ergebnisse nach Eder (2005) zeigten ebenfalls keinen Einfluss der Übungen zur Variation der Ordnungsschwelle mit dem Brain-Boy® auf die auditiven Wahrnehmungsleistungen. Eine Studie um die Kollegen von Fischer et al. (2006) demonstriert positive Übungserfolge des sprachfreien Hörtrainings mit FonoTrain® bei Kindern mit Legasthenie. Die

Trainingsresultate belegen deutliche Fortschritte in den Bereichen Lautstärkeunterscheidung, Tonhöhendiskrimination und Lückenerkennung. Schäffler et al., (2004) bestätigen den positiven Einfluss des sprachfreien Trainings auf die phonologische Differenzierung.

Suchodoletz (2003) kommt zu dem Schluss, dass sich mit nonverbalen Verfahren zur Behandlung auditiver Wahrnehmungsstörungen in der Regel zwar die trainierten Leistungen selbst verbessern lassen, ein Transfereffekt auf die Laut- und Schriftsprache aber nicht erwartet werden könne. Ein auditives Wahrnehmungstraining sei nach Meinung Suchodoletz' daher weder Voraussetzung für das Wirksamwerden einer sprachtherapeutischen Intervention, noch sollte es im Mittelpunkt der Behandlung stehen. Auch wird bei der kritischen Betrachtung jener nonverbalen Verfahren zur Verbesserung der auditiven Wahrnehmung ersichtlich, dass das Hörtraining mit sprachfreien Stimuli den Einbezug wissensgesteuerter top-down-Prozesse gänzlich ausschließt und einen Einbezug kontextuellen Wissens zur Identifikation der dargebotenen Trainingsitems unterbindet. Da ein solches Training die auditive Aufmerksamkeit des Kindes erhöhe, könne es jedoch nach Ansicht des Autors (ebd.) zwar als Baustein innerhalb eines multimodalen Therapiekonzeptes unterstützend wirken, die auditive Wahrnehmung für Sprache hingegen nicht verbessern. All jenen Verfahren ist jedoch gemein, dass sie bisher vorwiegend für die Therapie von Kindern entwickelt wurden und zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht ausreichend hinsichtlich ihrer Wirksamkeit evaluiert sind. Untersuchungen in Bezug auf die Förderung der auditiven Wahrnehmung älterer Menschen liegen bislang kaum vor.

### 1.4.2.3. *SPEECH TRACKING*

Um das Verstehen fortlaufender Sprache in der Kommunikationssituation zu untersuchen und zu festigen, wird häufig auf das Verfahren des *Speech Trackings*<sup>11</sup> zurückgegriffen. Jene Methode wurde im Jahr 1978 von De Filippo & Scott als therapeutisches Schulungs- und Untersuchungsverfahren für Einzelpersonen eingeführt, die an hochgradiger oder an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit litten und fördert das Sprachverstehen im dialogischen Kontext.

*De Filippo & Scott (1978, S. 1186) beschreiben jene Methode als "a procedure for training and evaluating the reception of ongoing speech."*

---

<sup>11</sup> Weitere synonyme Begriffe sind *Connected Discourse Tracking* oder *Continous Discourse Tracking (CDT)*. *Speech Tracking* beschreibt zwar ebenfalls eine Übungsform im Hörtraining, soll jedoch aufgrund der Relevanz für die vorliegende Arbeit an dieser Stelle in einem gesonderten Kapitel ausführlich erläutert werden.

Zahlreiche frühere Studien verwendeten Speech Tracking bereits als Untersuchungsmethode zur Evaluation des Sprachverstehens mit CI (Levitt et al., 1986; Dowell et al., 1985; Robbins et al., 1985; De Filippo, 1984), elektronisch taktilen Hörhilfen (Brooks et al., 1986; Plant, 1988; Weisenberger, Broadstone, Saunders, 1989; Cowan et al., 1991) oder taktilen Gebärden (Reed, Durlach, Delhorne, 1992). In seiner ursprünglichen Anwendungsform nach De Filippo & Scott (1978) werden dem Patienten einzelne Textpassagen von mindestens zwei bis maximal zehn Wörtern vorgelesen. Der Zuhörer versucht sodann die dargebotene Passage wörtlich wiederzugeben. Misslingt die exakte Wiedergabe der Textpassage, wird der Zielsatz unter Hinzunahme weiterer Informationen über den Inhalt zur Überwindung des Scheiterns so lange wiederholt, bis jedes Wort des Satzes korrekt wiedergegeben wurde. Als Hilfestellungen können Wortwiederholungen, der Gebrauch von Hinweiswörtern oder Paraphrasen, die Umschreibung des Originalabschnitts oder kombinierte Deblockierungsstrategien dienen. Erst wenn der Abschnitt wortwörtlich wiederholt wurde fährt der Therapeut mit der Darbietung eines neuen Zielsatzes fort, bis eine vorher definierte Zeitspanne von in der Regel 5-10 min. erreicht ist (Martin, Tong, Clark, 1981; Mecklenburg, Dowell, Clark, 1987; De Filippo, 1988). Nach Ablauf der Zeitspanne wird die Trackingrate (TR) für die jeweilige Übungssequenz berechnet. Zur Ermittlung jenes Maßes werden – nach De Filippo & Scott (1978) - die korrekt wiederholten Wörter gezählt und durch die vorher definierte Zeit dividiert um die Trackingrate in Wörtern pro Minute (engl. wpm: words per minute) zu berechnen. Zur Auswertung wird die Zahl der richtig wiederholten Worte durch die Untersuchungsdauer (min.) dividiert (siehe Abb. 8).

$$\text{TR} = \text{wpm} / \text{min.}$$

*Abb. 7: Formel zur Berechnung der Speech Trackingrate nach De Filippo (1984). Zur Auswertung wird die Zahl der richtig wiederholten Worte (wpm) durch die Untersuchungsdauer (min.) dividiert.*

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Trackingrate nicht nur die Zeit umfasst, die der Empfänger benötigt, um die vorgegebenen Wörter zu wiederholen, sondern auch die Zeit, die der Sprecher benötigt um die Sätze vorzulesen und Wiederholungen, Korrekturen, Änderungen etc. zu vollziehen. Um jene Einflussgrößen zu minimieren, postulieren einige Autoren die Berechnung der TR als Quotient aus der Gesamtwortzahl im Text und der Bearbeitungszeit für den gesamten Text (Dempsey et al., 1992). In Abhängigkeit individueller Faktoren seitens des Sprechers und des Hörers liegt die TR einer normalhörenden Person im Bereich von 100-110 wpm (De Filippo, 1988).

### 1.4.2.4. SPEECH TRACKING ALS TESTVERFAHREN

Zahlreiche Studien propagieren Speech Tracking als Testverfahren zur Evaluation des auditiven Verständnisses fortlaufender Sprache (Tye-Murray, Sommers, Spehar, 2007; Dempsey, 1992; Lesner & Kricos, 1987; Osberger, Johnson, Miller 1987; Owens & Raggio, 1987). Tye-Murray & Tyler (1988) hingegen postulieren Speech Tracking zwar als effektives Übungsverfahren in der auditiven Rehabilitation, bewerten jene Methode jedoch als ungeeignetes Testinstrument. Das wenig formelle Verfahren hat alle bekannten Nachteile eines Tests, der nicht mit standardisierter Darbietung des sprachlichen Inputs erfolgt. Ferner regt jene Methode in ihrer ursprünglichen Form dazu an, Kritik zu üben und Faktoren ausfindig zu machen, welche eine Veränderung des Testergebnisses unabhängig des individuellen, auditiven Sprachverständnisses bedingen.

*„Speech tracking is an effective aural rehabilitation strategy but inappropriate as a test procedure“ (Tye-Murray & Tyler, 1988, S. 226).*

Die Autoren begründen diese Annahme durch nicht kontrollierbare *sprecherspezifische* Faktoren wie Artikulation, Mundbild, Prosodie und vermittelte Motivation, sowie die willkürliche Anwendung von Hinweisstrategien, welche dem Sprecher eine freie Wahl der zu nutzenden Hilfestellungen (Wiederholung, Paraphrase, Umschreibung) überlässt (Schoepflin & Levitt, 1991). Während einige Sprecher geschickt verbale und nonverbale Hinweise nutzen, die vom Patienten mit der Zeit vorausgesehen werden können, erreichen andere Untersucher solch ausgeprägte Unterstützungsmechanismen nicht, was eine „Benachteiligung“ jener Patienten bedingt. Zudem können auch *hörerspezifische* Faktoren einen erheblichen Einfluss auf die Qualität des Speech Tracking Ergebnisses haben. Hier sind sowohl die sprachlichen und intellektuellen Fähigkeiten, die Vertrautheit mit dem Thema des Satzmaterials, individuelle Gedächtnisleistungen, Motivation und Aufmerksamkeit, als auch das Engagement des Hörers, Hinweisstrategien einzufordern, relevant. Auch sind *textspezifische* Faktoren (Vokabular, Syntax) ausschlaggebend für den Erfolg der Speech Tracking Einheit (De Filippo et al., 1994). So sind Erzählpassagen gewöhnlich leichter zu verstehen als beschreibende Abschnitte (Tye-Murray & Tyler, 1988). Die *syntaktische Komplexität* des zu verwendenden Textes spielt eine entscheidende Rolle bei der Bewertung des Materials und kann das Testergebnis des Zuhörers unabhängig von seinem Hörvermögen beeinflussen (De Filippo et al., 1994). Ferner können jene Parameter das Testergebnis sowohl bei auditiver als

auch audiovisueller Darbietung der Zielsätze beeinflussen und wirken einer standardisierten Anwendung als Testverfahren entgegen.

### 1.5 AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND

Forschungsergebnisse der letzten Jahre repräsentieren die Kausalitätsbeziehung zwischen dem Vorliegen einer Hörschädigung und neuronalen Reorganisationsprozessen und untermauern die Bedeutung und Nachhaltigkeit eines Hörtrainings nach Cochlea-Implantation. Ferner bestärkt der Nachweis plastischer Veränderungen nach Rehabilitation bei CI-Patienten in bildgebenden Verfahren die Hypothese eines Wechselspiels zwischen auditivem Training und auditiven Wahrnehmungsleistungen (Giraud, Truy, Frackowiak, 2001c). Des Weiteren existieren neuropsychologische Befunde, welche – basierend auf Untersuchungen zu ereigniskorrelierten Hirnpotentialen bei erwachsenen CI-Trägern - eine verstärkte Konzentration auf die semantische Verarbeitung von Sätzen vermuten lassen, wohingegen syntaktische Merkmale vernachlässigt werden (Friederici, 1995; Hahne & Friederici, 2002; Friederici et al., 2010; Herrmann, 2011; Hahne, et al., 2012). Im folgenden Kapitel werden Studien zu bildgebenden Verfahren im Zusammenhang mit neuronalen Plastizitätsprozessen berücksichtigt, neuropsychologische Untersuchungen dargelegt und die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst.

#### 1.5.1 NEURONALE REORGANISATION NACH COCHLEA-IMPLANTATION

Die funktionell-anatomischen Regelkreise zwischen zentral-auditorischen Zentren und nicht-auditorischen, kortikalen Strukturen spielen eine entscheidende Rolle in der Kausalitätsbeziehung zwischen auditiver Wahrnehmung und peripheren Hörverlusten. Ferner bestärkt der Nachweis neuronaler Reorganisationsprozesse primär auditorischer Kortexaktivitäten in bildgebenden Verfahren die Hypothese eines Wechselspiels zwischen auditiver Wahrnehmung und hörtrainingsspezifischen Erfolgen. Des Weiteren existieren audiologische Befunde, welche eine Verbesserung der auditiven Wahrnehmung nach Hörtrainingseinheiten vermuten lassen. Im folgenden Kapitel werden Studien zu bildgebenden Verfahren im Zusammenhang mit neuronalen Reorganisationsprozessen berücksichtigt und die wichtigsten Ergebnisse erläutert und zusammengefasst.

Wie andere Sinnessysteme besitzt auch das auditorische System die Fähigkeit, seine Strukturen und Funktionen in Abhängigkeit der sensorischen Informationszufuhr zu

organisieren. Die Untersuchung jener zentralen Mechanismen der Hörwahrnehmung geben Aufschluss darüber, wie das Gehirn von CI-Trägern akustische Signale verarbeitet. Gleichzeitig lässt jene funktionelle Organisation der Hörwahrnehmung Rückschlüsse auf die generelle Funktionsweise des Gehirns und seine Fähigkeit zur Reorganisation nach Cochlea-Implantation zu. Der Begriff der neuronalen Reorganisation steht dabei in engem Zusammenhang mit der Modifikation zentraler Organisationsstrukturen. Diese Fähigkeit des Nervensystems, sich den kontinuierlichen Veränderungen in der Umwelt anzupassen, wird als neuronale Plastizität bezeichnet (Bavelier & Neville 2002). Jene Veränderungen können Folge verschiedener Ereignisse sein und inkludieren normale Entwicklungs- und Reifungsprozesse ebenso wie den Erwerb neuer Fähigkeiten sowohl vor als auch nach abgeschlossener Reifung des Organismus (Lernen) (Yan, 2003). Kral et al. (2005; 2006) (Kral, 2007) postulieren, dass neuronale Modifikationen sowohl nach Schädigungen des Nervensystems als auch in Folge sensorischer Deprivation zu beobachten sind und untermauern damit die These, dass plastische Veränderungen nicht ausschließlich während der Hirnreifung möglich sind. Sie merken an, dass auch erwachsene Gehirne ein überraschend hohes Maß an Plastizität aufweisen können. Dieser Definition folgend, kann die Ursache neuronaler Reorganisationsprozesse nach Hörimplantateversorgung zum Einen in der Deprivation der auditorischen Modalität während der Gehörlosigkeit liegen und zum anderen durch die Wiederherstellung der Hörfähigkeit sowie der damit verbundenen Umstellung auf den veränderten, elektrisch akustischen Input bedingt sein. Im Folgenden wird, soweit eine Trennung der beiden Ursachen möglich ist, weniger auf taubheitsinduzierte Aspekte der neuronalen Plastizität, als vielmehr auf Befunde zu neuronalen Reorganisationsprozessen in Folge der Cochlea-Implantation und anschließenden Hörtrainingseinheiten bei postlingual ertaubten Erwachsenen eingegangen<sup>12</sup>.

Studien von Naito et al. (2000) zur Reorganisation *innerhalb multimodaler Systeme* berichten von Befunden, weitläufigerer kortikaler Aktivierungsmustern nicht nur in temporalen Regionen, sondern auch in frontalen Regionen (insbes. Broca-Areal) für Hörverstehensprozesse bei CI-Trägern als bei normalhörenden Probanden und decken sich mit denen von Giraud et al. (2000). Bezugnehmend auf jene Areale semantischer Verarbeitungsprozesse, demonstriert die Forschergruppe geringere Aktivierungen bzw. größere interindividuelle Variabilitäten in der linkshemisphärischen Region des inferio-

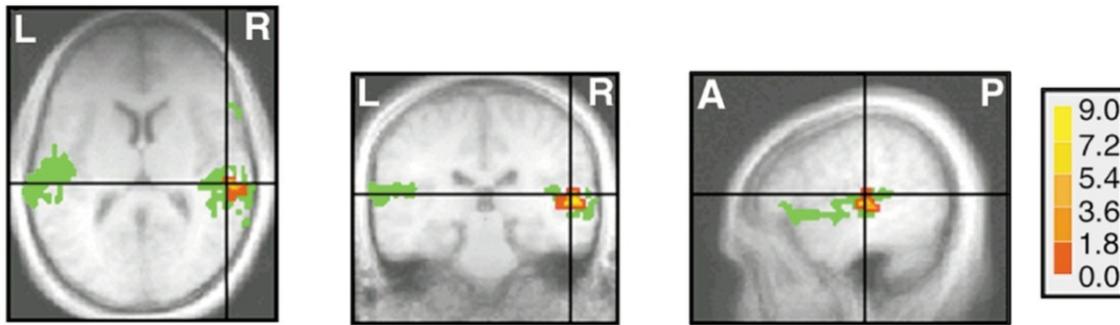
---

<sup>12</sup> Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf neuronale Plastizitätsveränderungen nach CI im Bereich der primären Hörzentren und nachgeordneter Bereiche, welche die kognitive Spracherarbeitung betreffen.

temporalen Kortex (BA 21/39) bei CI-Trägern als bei der normalhörenden Kontrollgruppe (Giraud et al., 2000, 2001a, 2001b). Jene Resultate scheinen darauf hinzuweisen, dass semantische Hirnregionen bei CI-Trägern weniger systematisch in die Sprachverstehensprozesse involviert sind. Ebenso zeigen jene Befunde die Beteiligung von Hirnarealen auf, welche in die Unterstützung von Aufmerksamkeits- oder Gedächtnisprozessen involviert sind (ebd.; Peelle et al., 2011).

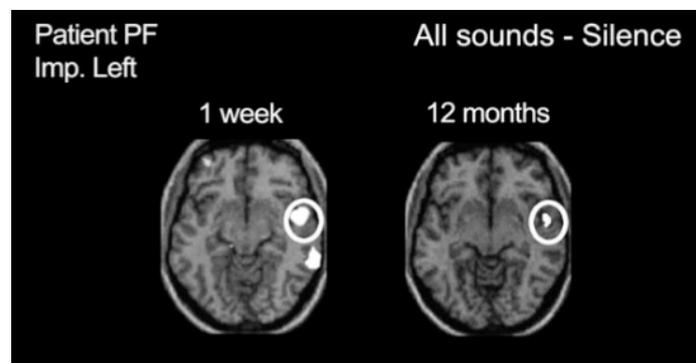
Die Autoren postulieren eine Modulation der Aufmerksamkeitsprozesse durch top-down-Mechanismen. Ferner scheinen diese Beobachtungen Hinweise darauf zu geben, dass CI-Träger beim auditiven Sprachverstehen andere neuronale Strategien einsetzen als hörgesunde Probanden. Insbesondere das semantische System scheint weniger systematisch am Sprachverstehen beteiligt zu sein - zudem werden sprachunspezifische Netzwerke wie Aufmerksamkeit und Gedächtnis verstärkt in den Hörprozess einbezogen. Bezugnehmend auf die nach Lauer (1999) beschriebenen interarealen Interaktionen (bottom-up und top-down-Prozesse) beschreiben Kral & Eggermont (2007), dass jene höheren „top-down“-Interaktionen für eine kognitive Kontrolle der kortikalen Plastizität unerlässlich sind. Obgleich eine rudimentäre Sensitivität der frühen Areale für Merkmale der akustischen Reize auch im Fall einer vorliegenden Gehörlosigkeit erhalten bleibt (Cochleotopie, Intensitätssensitivität, binaurale Eigenschaften, etc.), ist die Interaktion zwischen einzelnen auditorischen Arealen und datengesteuerten „bottom-up“ und wissensbasierten „top-down“-Prozessen beeinträchtigt. Ein solches Defizit führt zur Unfähigkeit, die neuronale Plastizität zu steuern und bedingt eine Beeinträchtigung des sensorischen Lernens nach Gehörlosigkeit. Ferner ist es nach Ansicht der Autoren unabdingbar, die Ausbildung der „top-down“-Interaktionen während einer frühen (sensiblen) Entwicklungsphase mit einem CI zu fördern.

Weiterführende Studien zur *Reorganisation innerhalb crossmodaler Systeme* berichten von Befunden, deutlicher Aktivierungen des Hörzentrums von gehörlosen Patienten auch bei Darbietung optischer Reize im Gegensatz zu normalhörenden Probanden (Giraud et al., 2001a; Giraud & Truy, 2002; Finney, Fine, Dobkins, 2001). Erweitert werden jene Ergebnisse um die Beobachtung einer negativen Korrelation zwischen der individuellen Hörleistung cochlea-implantierter Patienten und der Aktivierung des Hörzentrums. Ferner konnten mittels fMRT-Untersuchungen bei CI-versorgten Patienten mit einer schlechteren Hörleistung höhere Aktivierungen des Hörzentrums bei Darbietung optischer Reize nachgewiesen werden, als bei jenen mit einer besseren Hörleistung (siehe Abb. 9) (ebd.; Sandmann, 2012).



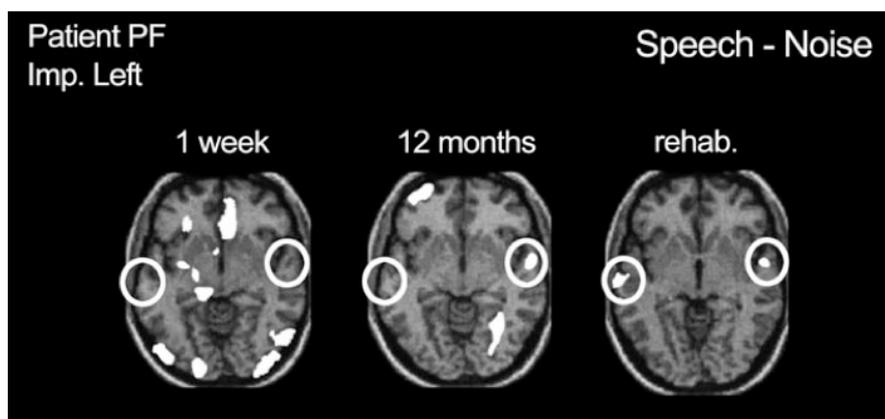
**Abb. 8: Hirnaktivierung bei gehörlosen Patienten bei Darbietung visueller Stimuli.** Die Abbildungen zeigen sowohl die axialen (links), coronalen (mittig) und sagittalen (rechts) Sektionen des Gehirns, transformiert nach Talairach und Tournoux. Visuelle Antwortlatenzen überschneiden sich mit den Brodmann-Arealen 41, 42 und 22 im rechten auditorischen Kortex. Die funktionelle Intensität innerhalb der Hirnregionen ist farblich gekennzeichnet. L, links; R, rechts; A, anterior; P, posterior. (Finney et al., 2001).

In den letzten Jahren konnte die experimentelle Evidenz für die Existenz neuronaler Reorganisationsprozesse nach Cochlea-Implantation mittels Studien, die sich bildgebender Verfahren bedienen, konsensual gefestigt und zudem um Befunde nach Rehabilitation werden ergänzt (Fu & Galvin, 2008). Hinweise auf Vorgänge dieser Art fanden Giraud, et al. (2001c) im Rahmen einer Studie mit postlingual ertaubten erwachsenen CI-Trägern, die mittels einer Positronenemissionstomographie (PET) untersucht wurden. Sie demonstrieren eine Abnahme der durch Geräusche induzierten Aktivierung im *primär auditiven Kortex* innerhalb des ersten Jahres post implantationem, welche zudem mit einer plastischen Umorganisation jener an die bezeichneten Hirnregionen angrenzenden Bereiche einhergeht (siehe Abb.10). Zudem beobachtet die Forschergruppe eine zunehmende Beschränkung der Aktivierungen auf den auditorischen Kortex und damit verbunden eine Verringerung der Gesamtzahl der Aktivierungen nach einem Zeitraum von zwölf Monaten.



**Abb. 9: Neuroplastische Veränderung im auditorischen Kortex nach CI (I).** Veränderung geräuschgebundener Aktivierungen im auditorischen Kortex nach Cochlea-Implantation (links) Innerhalb der ersten Woche post implantationem zeigen sich Aktivierungen im primär auditorischen Kortex sowie in angrenzenden Kortexarealen. Ein Jahr nach Implantation fokussiert sich die geräuschinduzierten Aktivierung allein auf das Gebiet des primär auditorischen Kortex (ebd.).

Giraud et al. (2001c) interpretieren die Befunde als Lerneffekt im Sinne der verbesserten Effizienz synaptischer Verbindungen, welche mit einer Verringerung des Aufmerksamkeitsaufwands einhergehen. Innerhalb des *auditorischen Sprachverstehens-systems* belegen jene longitudinal erhobenen Befunde eine in der linkshemisphärischen Sprachregion lokalisierte Verarbeitung akustisch dargebotener Wörter erst nach einjähriger CI-Tragedauer, obgleich die auditive Verarbeitung dieser Stimuli umgehend nach der Audioprozessoranpassung lediglich den dem CI kontralateral befindlichen auditiven Kortex aktivierte (siehe Abb. 11).



**Abb. 10: Neuroplastische Veränderung im auditorischen Kortex nach CI (II).** Veränderung sprachgebundener Aktivierungen im auditorischen Kortex nach Cochlea-Implantation (links). Innerhalb der ersten Woche zeigen sich keine Aktivierungen bei sprachlicher Inputdarbietung. Nach 12 Monaten wird die kontralaterale Seite aktiv; nach abgeschlossener Rehabilitation zeigen sich Aktivierungen in der superior temporalen Hirnregion der linken Hemisphäre (ebd.).

Deutlich linkslateralisierte Verarbeitungen der Stimuli konnte letztlich aber nur für Patienten nachgewiesen werden, die sehr gute Hörverstehensleistungen nach abgeschlossener Rehabilitation aufwiesen, obgleich jene Aktivierungen bei den Patienten im Gegensatz zur Kontrollgruppe eine insgesamt bilaterale Verteilung aufwiesen.

Zudem berichten Giraud und Kollegen (2001b) in einer Studie mit postlingual ertaubten CI-Trägern von einem Aktivierungsanstieg in den auditorischen Assoziationsfeldern (BA 21/22) bei der Darbietung bedeutungshaltiger Sprachschalle im Hörtraining mit zunehmender CI-Hörerfahrung. Naito et al. (1997) gelang es nicht, jene von der CI-Tragedauer abhängigen Aktivierungsunterschiede nachzuweisen und berichten lediglich, dass sich die durch lautsprachliche Stimuli hervorgerufenen Aktivierungen in BA 21/22 bei postlingual ertaubten CI-Trägern nicht signifikant von denen Normalhörender unterschieden. Giraud, et al. (2001c)

merken dazu an, dass in den experimentellen Designs die funktionalen Eigenschaften der entsprechenden Regionen allerdings nicht hinreichend berücksichtigt wurden.

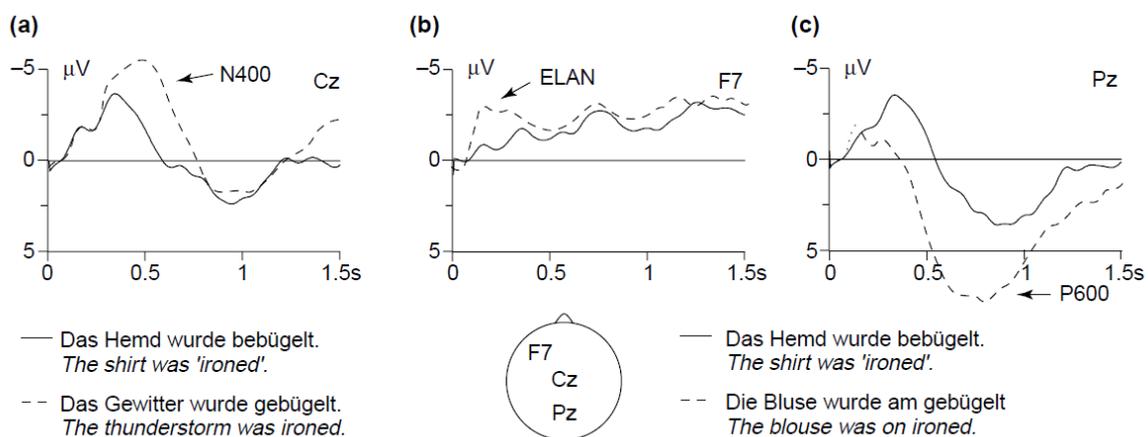
Naito et al. (1997) als auch Okazawa et al. (1996) belegen Aktivierungen durch akustisch dargebotene Wörter im linken posterioren STG (Wernicke-Areal) bei postlingual ertaubten CI-Trägern und der normalhörenden Kontrollgruppe. Auch Giraud et al. (2001a) berichten von Aktivierungen im Wernicke-Areal sowohl für lautsprachliche Stimuli als auch für bedeutungshaltige Umweltgeräusche bei einer Gruppe postlingual ertaubter erwachsener CI-Träger. Anzumerken ist allerdings, dass jene CI-Patienten deutlich weniger Stimulus spezifisch reagierten, als die normalhörende Kontrollgruppe, bei denen entsprechende Aktivierungen nur durch sprachliche Stimuli hervorgerufen werden konnten. Insgesamt werden die Befunde jener Studien von Giraud, et al. (2001c) dahingehend interpretiert, dass der durch den verminderten auditiven Input bedingte Verlust an funktionaler Spezialisierung in den auditorischen Assoziationsfeldern durch CI bei postlingual ertaubten Patienten reversibel sein kann und untermauern damit den Kausalzusammenhang zwischen neuronalen Reorganisationsprozessen und der CI-Tragdauer. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass diese Spezialisierung nur bis zu einem gewissen Grad wiedererworben werden kann und nicht mit dem differenzierten Hörvermögen eines hörgesunden Menschen gleichzusetzen ist.

Ferner belegen zahlreiche Befunde die Fähigkeit des auditorischen Systems, seine Strukturen und Funktionen in Abhängigkeit der sensorischen Informationszufuhr aber auch Dauer der Gehörlosigkeit zu organisieren und sich den kontinuierlichen Veränderungen in der Umwelt durch Habituation an neue Höreindrücke anzupassen (z.B. Távara-Vieira, 2013) . Die Zweckmäßigkeit eines strukturierten Hörtrainings zur Verbesserung der auditiven Informationsverarbeitung nach Cochlea-Implantation kann folglich aus Sicht neuronaler Reorganisationsprozesse bei postlingual ertaubten Erwachsenen gestützt werden und untermauert die Zielsetzung der vorliegenden Forschungsarbeit.

### **1.5.2 AUDITIVES SATZVERSTEHEN BEI ERWACHSENEN CI-TRÄGERN**

Die kognitive Sprachverarbeitung normalhörender Erwachsener ist dank neurowissenschaftlicher Forschungsmethoden gut erforscht. Ferner existiert ein starker Konsens darüber, dass unabhängig von der Art und dem Zusammenspiel verschiedener Subprozesse die vorrangige Verarbeitung syntaktischer Satzelemente bei hörgesunden Probanden von wesentlicher Bedeutung für die kognitive Analyse von Phrasenstrukturen zu

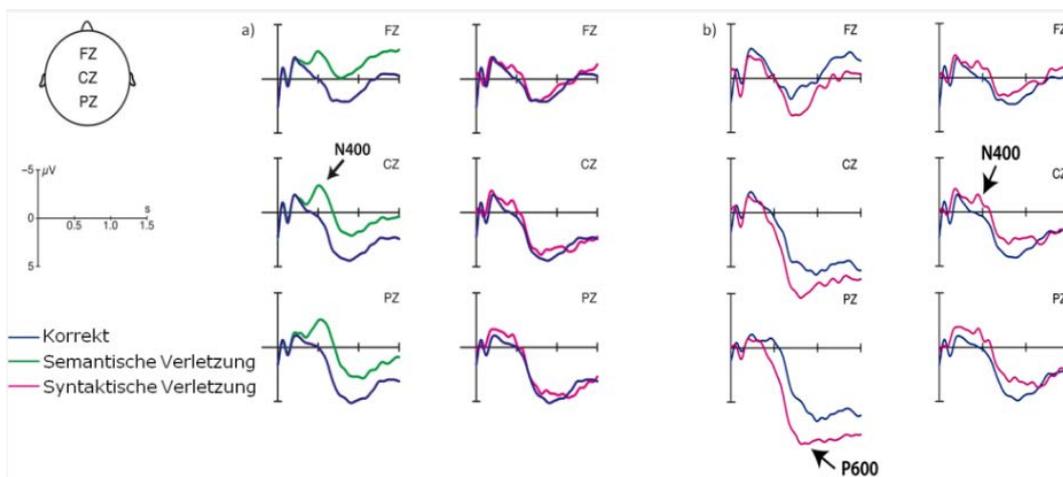
sein scheint (Friederici & Wartenburger, 2010; Herrmann, 2011). Studien, welche sich der Messung ereigniskorrelierter Hirnpotentiale bedienten, gelang es, jene Unterschiede genauer zu bestimmen. Zahlreiche Forschergruppen (Frisch, Hahne, Friederici, 2004; Hahne & Friederici, 2002; Friederici, 2002) belegten, dass die Darbietung semantisch oder syntaktisch inkorrekt dargebotener Sätze zu spezifischen Hirnpotentialen im Elektroenzephalogramm (EEG) führten. Ferner bedingte die Verletzung semantischer Selektionsbedingungen bei inkorrekt dargebotenen Sätzen eine typische N400-Komponente, wohingegen die Verletzung syntaktischer Strukturen eine P600-Komponente demonstrierte (siehe Abb. 12). Jene Erkenntnisse um Interaktionen zwischen semantischer und syntaktischer Analyse bei der auditiven Satzverarbeitung konnten von der Forschergruppe um Van den Brink & Hagoort (2004) bestätigt werden. Während die Ergänzung um semantisch-lexikalische Merkmale bei normalhörenden Probanden erst in einem nachfolgenden Prozess erfolgt, belegen Studien, dass das auditive Satzverstehen bei erwachsenen CI-Trägern durch die vorrangige Verarbeitung von semantischer vor syntaktischer Information bestimmt ist (Hahne & Friederici, 2002; Friederici, 2002; Hahne et al., 2012; Steinhauer & Connolly, 2008).



**Abb. 11: ERP-Messungen bei erwachsenen, normalhörenden Probanden** (vgl. Friederici, 2002; S. 79). a) Während für die semantisch inkorrekte Bedingung eine deutliche N400 zu sehen ist, ist für b) syntaktisch inkorrekte Sätze die typische ELAN-Komponente zu beobachten. c) Die Verletzung syntaktischer Satzmerkmale löste eine P600 aus.

Im Rahmen einer Studie um Hahne & Friederici (2002) zur Untersuchung der kognitiven Verarbeitungsprozesse von hörgeschädigten Patienten mittels ereigniskorrelierter Potentiale (EKP) wurden einer Gruppe erwachsener CI-Patienten (N=30) mit gutem freien Sprachverständnis sowie einer Gruppe normalhörender Kontrollprobanden natürlich gesprochene Sätze akustisch im Freifeld präsentiert. Neben (1) korrekten Sätzen wurden

solche Sätze dargeboten, die systematische Fehler in Form (2) semantischer oder (3) syntaktischer Verletzungen enthielten. Semantische Fehler wurden durch Veränderung der Satzbedeutung, syntaktische Fehler durch Verletzung der Wortkategorie oder Stelligkeitsinformation des Verbs provoziert. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, die Korrektheit der Sätze zu beurteilen. In der normalhörenden Kontrollgruppe korrelierten die beiden Fehlerbedingungen erwartungsgemäß mit unterschiedlichen Hirnpotentialen: semantische Satzverletzungen riefen einen N400-Effekt hervor, während syntaktische Verletzungen mit einer späten Positivierung einhergingen. Bei CI-Patienten löste die semantische Verletzung ebenfalls einen N400-Effekt aus (siehe Abb.13). Die syntaktische Verletzung hingegen zeigte keine vergleichbare Hirnaktivität. Die Unterteilung der Patienten in zwei Subgruppen – eine mit sehr niedriger Fehlerrate bei der Beurteilung der syntaktisch inkorrekten Sätze (<8% Fehler) und eine mit höherer Fehlerrate – zeigte, dass die erste Subgruppe eine signifikant späte Positivierung (400–1000 ms) aufwies, die der Normalhörender ähnlich war. Für die zweite Gruppe zeigte sich auch bei syntaktischen Satzverletzungen eine N400-ähnliche Negativierung.



**Abb. 12:** EKPs der CI-Patienten an den Elektroden der Mittellinie. a) Während für die semantisch inkorrekte Bedingung (links) eine deutliche N400 zu sehen ist, ist für syntaktisch inkorrekte Sätze (rechts) kein Effekt zu beobachten. b) Bei 6 CI-Trägern mit geringer Fehlerrate (links) löst eine syntaktische Verletzung eine typische P600 aus, während sie bei den übrigen CI-Trägern mit höherer Fehlerrate (rechts) eine N400 auslöst, wie sie bei semantischen Integrationsprozessen zu beobachten ist (Vavatzanidis, 2010).

Jene Ergebnisse deuten darauf hin, dass syntaktische Korrekturprozesse extrem vulnerabel sind, während semantische Integrationsprozesse sich als wesentlich robuster erweisen (Hahne & Friederici, 2002; Hahne et al., 2012). Im Rahmen weiterführender Studien konnten die Beobachtungen der Forschergruppe gestützt werden (Hahne, 2010; Hahne et al., 2012). Die

Ergebnisse werden von den Autoren zudem dahingehend interpretiert, dass sich CI-Träger vorrangig auf die semantische Verarbeitung von Sätzen konzentrieren, wohingegen syntaktische Merkmale vernachlässigt werden. Ein mit der Hörschädigung einhergehenden verminderter auditiver Input verschiebt die Priorität auf die semantischen Prozesse, die kompensatorisch eingesetzt werden.

Betrachtet man jene Befunde unter Berücksichtigung linguistischer Modelltaxonomien zur auditiven Sprachwahrnehmung so wird deutlich, dass es sich bei dem durch die Hörstörung bedingten reduzierten akustischen Input um *bottom-up*- und bei der vorrangigen semantischen Satzverarbeitung um beschriebene *top-down-Prozesse* handelt (siehe Kap. 1.1.1.3). Beide sensorischen Prozesse können zusammengeführt werden, wenn man annimmt, dass das Sprachverstehen das Ergebnis einer Wechselwirkung zwischen ankommenden Sinnesdaten (*bottom-up*) und der dem Individuum innewohnenden Informationen über den spezifischen Kontext (*top-down*) ist. Das Ausmaß jener Interaktion zwischen *bottom-up*- und *top-down*-Prozessen scheint damit für das Sprachverstehen von individuellen Bedingungen abhängig zu sein. Ferner lassen jene Befunde die Vermutung zu, dass CI-Träger versuchen, als Reaktion auf das verminderte Hörvermögen, akustisch fragmentarisch verstandene Satzlücken durch semantische Passungen zu ergänzen. Abschließend bleibt festzuhalten, dass das Wissen über kontextuelle Informationen das Sprachverstehen in zweierlei Hinsicht beeinflusst. Einerseits dient es der Erleichterung und Unterstützung der sensorischen Informationen bei herabgesetzten Wahrnehmungsqualitäten. Auf der anderen Seite beeinflusst es die Wahrnehmung sensorischer Informationen dahin gehend, dass eine bestimmte Erwartungshaltung zur Wahrnehmung eines falschen Wortes führen kann.

Nach den verschiedenen angeführten Befunden zur semantischen Kompensation kann angenommen werden, dass eine lexikalische Beeinflussung oder kognitive Kontrolle der sensorischen Informationen auf höheren, mentalen Wahrnehmungsebenen stattfindet. Wie genau Vorwissen, Erwartungen und abgespeicherte Konzepte über sprachliche Einheiten und Wörter die auditive Wahrnehmung von Sätzen beeinflussen, und wie jene mentalen Prozesse für die auditive Rehabilitation erwachsener, postlingual ertaubter CI-Patienten von Nutzen sein können, soll Gegenstand der vorliegenden Arbeit sein.

### 1.5.3 HÖRANSTRENGUNG BEI ÄLTEREN ERWACHSENEN

Mit dem Begriff *Höranstrengung* (engl. *Listening Effort*) wird die Beobachtung beschrieben, dass die perzeptive Erkennung sprachlicher Stimuli bei Vorliegen einer peripheren Hörminderung eine erhöhte kognitive Anstrengung erfordert, die zu Lasten der Qualität nachgeschalteter Sprachverarbeitungsprozesse geht.

*Gosselina & Gagnea (2011) beschreiben jenen Sachverhalt wie folgt: „Listening effort addresses the attention and cognitive resources required to understand speech“ (ebd.).*

Bei völliger Normalhörigkeit hingegen stehen jene kognitiven Ressourcen für die Kodierung und Speicherung sprachlicher Informationen in vollem Umfang zur Verfügung (Sarampalis, Edwards, Hafer, 2009; Gosselina & Gagnea, 2011). Unter Einbezug wissensbasierter Top-down-Prozesse und dem Aufwenden erhöhter perzeptueller und kognitiver Ressourcen können jene sensorischen Beeinträchtigungen teilweise ausgeglichen werden. Dies geht jedoch zu Lasten von attentiven und mnestischen Ressourcen, die anderenfalls für kognitive Verarbeitungsprozesse genutzt werden können (McCoy et al., 2005).

Mit steigender Anzahl hörgeschädigter Menschen geriet der Begriff der Höranstrengung in den vergangenen Jahren zunehmend in den Fokus zahlreicher Forschergruppen, um die Kausalitätsbeziehung zwischen Sprachverständlichkeit und kognitiver Anstrengung zu untersuchen (Schulte et al., 2011; Howard, Munro, Plack, 2010; Sarampalis, et al., 2009; Wingfield, Tun, McCoy, 2005). Vor allem das Verstehen von Sprache im Störgeräusch stellt für hörgeschädigte Menschen eine große Herausforderung dar (Lenarz, 2012). Können geringgradige Schwerhörigkeiten in ruhiger Umgebung durch kompensatorische Maßnahmen (z.B. Top-down-Prozesse) ausgeglichen werden, so müssen sich jene Betroffenen in geräuschvoller Umgebung subjektiv deutlich stärker anstrengen als in ruhiger Umgebung. Ein Verbesserung des *Signal-Rausch-Abstands* (engl. *SNR: Signal-Noise-Ratio*) führt infolgedessen zu einer Abnahme der subjektiv empfundenen der Höranstrengung, während ein nur geringer Abstand zwischen Stör- und Nutzsignal eine Erhöhung der Höranstrengung erfordert (Sarampalis, 2009). Peelle et al. (2010) bedienten sich bildgebender Verfahren um die Höranstrengung bei normalhörenden Erwachsenen im Störgeräusch durch ein objektives Verfahren darzustellen. Den Probanden wurden Sätze mit unterschiedlichen Störgeräuschpegeln dargeboten und daraufhin die Hirnaktivitäten verglichen. Bei höherem Störgeräusch wurde eine erhöhte Aktivität in den Bereichen des linkstemporalen und des inferioparietalen Cortex beobachtet, welche von den Autoren als vermutete Höranstrengung

definiert wurde. Schulte et al. (2011) untersuchten die Höranstrengung durch Messung der Pupillenweite. In ihrer Studie belegt die Forschergruppe, dass mit steigender Höranstrengung beim Hören im Störgeräusch auch eine Pupillenreaktion messbar ist. Bei einer Verkleinerung des *SNR* bis zu -9 wurde die Pupille größer. Diese Beobachtung wird von den Autoren als erhöhte kognitive Belastung interpretiert. Vor allem bei älteren Menschen besteht häufig ein vermindertes Hörvermögen für höhere Frequenzen, Defizite in der Frequenzunterscheidung und in der temporalen Verarbeitung auditiver Stimuli (Schneider, Danamna, Murphy, 2005). Diese verminderten Bedingungsfaktoren für das auditive Sprachverstehen resultieren nicht zuletzt in einer erhöhten Höranstrengung bei dieser Personengruppe (Pichora-Fuller, 2008; De Maddalena, 2006). In Abhängigkeit jener mit dem Alter auftretenden auditiven Wahrnehmungseinschränkungen scheint sich das Gehirn zu reorganisieren und durch eine erhöhte Aktivität in frontalen Hirnarealen (*präfrontaler Cortex*: Arbeitsgedächtnis, *Gyrus frontalis inferior*: semantische Informationsverarbeitung) auszugleichen (Peelle et al., 2011; Wingfield & Grossman, 2006). Ferner ermöglicht es die neuronale Umorganisation des Gehirns, auditive Wahrnehmungsdefizite durch eine stärkere Fokussierung auf kontextuelle Informationen zu kompensieren (Tun et al., 2012; Pichora-Fuller, 2008; Wingfield & Stine-Morrow, 2000). Auch eine Unterstützung auditiv dargebotener Stimuli durch visuelle Hinweise fördert das Sprachverstehen nach Angaben der Autoren und eignet sich vor allem zur Integration in Hörtrainingseinheiten zur Verbesserung der auditiven Wahrnehmung bei älteren Menschen (Pichora-Fuller & Levitt, 2012; Tye-Murray, Sommers, Spehar, 2007).

Resultierend aus jenen Beobachtungen sollte auch in der Rehabilitation hörgeschädigter, älterer Menschen die Interaktion von peripherem Hörvermögen und kognitiver Leistungsfähigkeit berücksichtigt werden, um das auditive Sprachverstehen durch Anregung konzeptgesteuerter top-down-Prozesse zu fördern und die Höranstrengung zu reduzieren. In der therapeutischen Praxis des Hörtrainings sollte sodann eine Kombination von Top-down- und Bottom-up-Ansätzen besser geeignet und effektiver sein als ein Training ohne kontextuelle Hilfestellungen. Eine Kombination jener Behandlungsmaßnahmen wird als besonders vorteilhaft angesehen wird, wenn sowohl linguistische und kognitive (top-down), als auch auditive Prozesse (bottom-up) berücksichtigt werden (Pichora-Fuller, 2010; Pichora-Fuller & Levitt, 2012). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird angenommen, dass eine Verbesserung des auditiven Sprachverstehens durch ein sprachbasiertes Hörtraining die Höranstrengung reduziert und jene kognitiven Ressourcen für das Verstehen salienter Informationen gesprochener Sprache auch im Störgeräusch zur Verfügung stehen.

## 2. PILOTSTUDIE: INTERVIEWS

Um sowohl die Bedürfnisse als auch Wünsche erwachsener CI-Nutzer an individuelle Rehabilitationsmaterialien zur Gestaltung des Hörtrainings nach Cochlea-Implantation zu erfassen, wurde in der vorliegenden Arbeit die Durchführung einer mündlichen, persönlichen Befragungsmethode zur qualitativen Datenerhebung angestrebt. Ferner wurde auf die Form des semi-strukturierten Interviews zurückgegriffen. Jene Vorgehensweise sowie eine schematische Darstellung der Ergebnisse wird im Folgenden erläutert. Eine detaillierte Vertiefung weiterer Interviewformen findet an dieser Stelle keine Berücksichtigung.

### 2.1 KLINIKRANKING

Dem semi-strukturierten Interview wurde eine qualitative Einschätzung der Rehabilitationsleistungen verschiedener Kliniken durch unabhängige Hör- und Sprachtherapeuten vorgeschaltet, um eine mögliche, unbewusste Willkür bei der Auswahl jener an dem Interview teilnehmenden Institutionen zu unterbinden. Diese Klinikbewertung diente dazu, Faktoren zu minimieren, die sich auf die durch den Untersucher getroffene Auswahl der zu kontaktierenden Kliniken und Zentren auswirken und diese gegebenenfalls beeinflussen könnten. Hierzu wurde eine Liste mit allen für die Teilnahme an der Befragung für sinnvoll erachteten Kliniken und CI-Zentren in Deutschland, Österreich und der Schweiz erstellt, welche an externe CI-Therapeuten (N=30) in den verschiedenen Ländern ausgegeben und anonym beantwortet wurde. Die Zusammenstellung der zu bewertenden Kliniken erfolgte nach dem Kriterium der höchsten regionalbedingten Implantationszahlen von Innenohrprothesen<sup>13</sup>. Ferner wurden jeweils 3-4 Kliniken aus den drei Regionen West-, Süd- und Nord-/Ostdeutschland, sowie die vier implantationstärksten Kliniken der Schweiz und Österreichs ausgewählt und in den Rankingbogen aufgenommen. Die Therapeuten wurden sodann aufgefordert die Rehabilitationsleistungen der einzelnen Kliniken in Bezug auf die Erwachsenentherapie auf einer Skala von 1 bis 5 zu bewerten (1= sehr gut, 2= gut, 3= befriedigend, 4= ausreichend, 5= mangelhaft) bzw. unbekannte Kliniken als „unbekannt“ zu markieren (siehe Anhang A). Die Auszählung der Häufigkeiten aller bewerteten Kategorien demonstrierte keinen richtungsweisenden Trend in der qualitativen Bewertung der Rehabilitationsleistungen einzelner Zentren und ließ eine willkürliche und freie Wahl der einzuschließenden Institutionen nach eigenem Ermessen und organisatorischen Kriterien zu.

---

<sup>13</sup> Quelle Firma MED-EL

### 2.2 INSTRUMENT DER QUALITATIVEN ERHEBUNG: SEMI-STRUKTURELLE INTERVIEWS

Bei der interviewbasierten, qualitativen Datenerhebung wird prinzipiell zwischen standardisierten (strukturierten), halb standardisierten (semi-strukturierten) und nicht-standardisierten (unstrukturierten, offenen) Interviews unterschieden.

*„Ein Interview ist eine planmäßige mündliche Befragung mit wissenschaftlicher Zielsetzung, in der die Befragte verbal Informationen mitteilt. Interviews können mithilfe verschiedener Kriterien charakterisiert werden: Man unterscheidet 1. standardisierte, halb standardisierte und offene Interviews, 2. Interviews mit offenen oder geschlossenen Fragen, 3. Interviews mit weichem, neutralem und hartem Kommunikationsstil sowie 4. Einzel- oder Gruppeninterviews“ (Mayer 2007, S. 175).*

Während sich das strukturierte Interview auf einen standardisierten Fragebogen stützt und als Instrument zur qualitativen Datenerhebung eignet, ist der Gesprächsverlauf beim semi-strukturierten Fragebogen<sup>14</sup> durch einen Interviewleitfaden definiert. Die Reihenfolge und Formulierung der Fragen kann vom Interviewer variiert werden. Mayer (2007) definiert den Begriff des Leitfadeninterviews folgendermaßen:

*„Ein Leitfadeninterview ist nicht oder halb standardisiert und orientiert sich flexibel an einem Interviewleitfaden mit offenen Fragen. Es empfiehlt sich, wenn das Ziel der Untersuchung nicht nur in der Erforschung subjektiver Erfahrungen, sondern auch in der Sammlung objektiver Informationen besteht“.* (Mayer 2007, S. 181)

Das offene Interview hingegen wird ohne Fragebogen oder Interviewleitfaden durchgeführt. Lediglich kurze Zwischenfragen dienen dazu, den Gesprächsverlauf zu gliedern und das Verständnis gegebener Antworten durch Rückfragen abzusichern (ebd.). Um eine qualitative Datenerhebung zu gewährleisten, die sowohl aktuelle Gegebenheiten erfasst, als auch Spielraum für qualitative Anregungen und Ausführungen lässt, wurden im Rahmen einer Pilotstudie hypothesengenerierte Leitfadeninterviews durchgeführt (siehe Anhang B). In einer vorgeschalteten Studie wurden Probeinterviews durchgeführt, um den zuvor entwickelten Interview-Leitfaden zu testen. Dabei wurde der Interview-Leitfaden prozessbegleitend überarbeitet und weiterentwickelt; die Anzahl der Codes wurde erweitert bis nahezu alle neuen Aspekte erschöpft waren. Dieses induktive Vorgehen entspricht dem Sättigungsprinzip: Bei jedem Interview werden weitere Punkte aufgenommen, die für die Erforschung der Wünsche und Bedürfnisse an ein adäquates Hörtrainingsmaterial bedeutend erscheinen und die Zielsetzung der Fragebogenerhebung spezifizieren.

---

<sup>14</sup> Weitere Synonyme Begriffe sind: semi-strukturiertes Interview, Interview-Leitfaden oder Leitfadeninterview.

### 2.2.1 DURCHFÜHRUNG DER INTERVIEWS

Die multizentrische Ad-hoc-Stichprobe der vorliegenden Befragungsreihe bestand aus N=50 erwachsenen Probanden, die an einer hochgradigen, durch mindestens ein CI korrigierten, Schwerhörigkeit litten und im Rahmen eines audiologischen Konsils an verschiedenen Rehabilitationskliniken in Deutschland (n=20), Österreich (n=15) und der Schweiz (n=15) untersucht wurden. Um die Erfahrungen der Patienten in der auditiven Rehabilitation möglichst präzise abbilden zu können, sollten uni-, bilateral oder bimodal versorgte, erwachsene CI-Träger in die Befragungen eingeschlossen werden, deren Audioprozessoranpassung mindestens sechs Monate und höchstens sechs Jahre zurücklag. Weiter sollten die zu befragenden Patienten nicht jünger als 18 Jahre alt sein, gute Deutschkenntnisse vorweisen und nach Möglichkeit eine ambulante und/oder stationäre Rehabilitation durchlaufen haben.

Im Rahmen der ca. 10-15-minütigen Befragung wurden die Probanden nach ihren bisherigen Erfahrungen im Hörtraining und Anregungen für die künftige Therapigestaltung und individuellen Trainingsmaßnahmen befragt. Hierzu wurde der Fragebogen für den Patienten zum Mitlesen sichtbar auf dem Tisch platziert um inhaltliche Missverständnisse durch ein mangelndes auditives Sprachverständnis auszuschließen. Die Antworten des Patienten wurden direkt von der Therapeutin auf dem Fragebogen protokolliert und gegebenenfalls um weitere für die Fragestellung relevante Angaben oder Bemerkungen ergänzt. Zur Dokumentation wurden sowohl die Initialen der Patienten, deren Alter und verwendete Hörhilfen notiert. Das hierzu verwendete Formular findet sich in Anhang B.

### 2.2.2 ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Insgesamt wurden die Antworten aller N=50 Patienten in die Befragung eingeschlossen, deren demografische Daten hinsichtlich Alter und verwendete Hörgeräte und/oder –implantate dokumentiert wurden. Die Teilnehmer befanden sich im Alter von 30 bis 78 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 57,08 (SD:12,19) Jahren. Hinsichtlich der erfragten Gerätschaften ließ sich eine Unterteilung in CI-Träger (linksseitig, rechtsseitig), Hörgerät-Träger (linksseitig, rechtsseitig) und/oder EAS (Elektrisch Akustische Stimulation) (linksseitig, rechtsseitig) vornehmen. Es zeigte sich eine Verteilung von insgesamt 16 unilateral versorgten CI-Trägern, 17 bilateral versorgten CI-Trägern und 17 bimodal versorgten Patienten (CI und Hörgerät) in der gesamten Patientenstichprobe. 82% (n=41) der befragten Patienten hatten sich im Laufe

ihrer Rehabilitation einem Hörtraining unterzogen und dieses sowohl nach quantitativen als auch qualitativen Gesichtspunkten hinsichtlich der verwendeten Übungen und Übungsmaterialien, Ihrer Wünsche, Ziele und Anforderungen an das Hörtraining und technische Gegebenheiten bewertet. Bei 14% (n=7) der Befragten schloss sich keine Rehabilitation an die CI-Versorgung an. Sofern dennoch Aussagen getroffen wurden, wurden diese in die Befragung aufgenommen. Die Ergebnisse des Interviews werden im Folgenden deskriptiv dargestellt:

Bei allen befragten Personen wurden zusätzliche Übungsmaterialien in das Hörtraining einbezogen: Bei 22% (n=11) der CI-Träger wurde mit Bildmaterial, bei 46% (n=23) mit Texten/Wortkarten, bei 52% (n=26) mit CDs/Kassetten, bei 10% (n=5) mit DVDs, bei 14% (n=7) mit Realgegenständen und bei 18% (n=9) mit Hörbüchern gearbeitet. 44% (n=22) der Patienten führten zudem ein Hörtraining am Computer durch. Jenes Vorgehen am PC wurde zudem als Vorschlag zu verwendeter Medien für künftige Übungszwecke favorisiert. 42% (n=21) der befragten CI-Träger würden außerdem gerne zusammen mit ihren Partnern ein Hörtraining durchführen, 22% (n=11) würden gerne mit Freunden, 12% (n=6) mit Geschwistern, 16% (n=8) mit Verwandten oder sonstigen Bekannten oder Verwandten üben und 16% (n=8) der Befragten bevorzugen eine alleinige Übungssituation. Als die am häufigsten angegebenen Ziele und Erwartungen an das Hörtraining wurden das Hören von Alltagsgeräuschen, die Fähigkeit des Telefonierens, das Hören von Musik und das Verstehen gesprochener Sprache im dialogischen Kontext angegeben. Übungen zur Geräuscherkennung, Kurzgeschichten, das Verstehen von Nonsenssätzen und Übungen zum Satzverstehen am Computer wurden als beliebteste und wünschenswerte Übungen der Therapie angeführt. Als nicht beliebte Übungen stellten sich das Silbentraining, Zahlenverstehen, Buchstabenerkennung und Nachsprechübungen in Einzelsitzungen heraus. Um die Ideen für künftige Trainingsmaterialien zu konkretisieren wurden verschiedene Übungsvorschläge aufgelistet, welche anhand einer Likert-Skala von 1 (gefällt mir am wenigsten) bis 5 (gefällt mir am besten) bewertet werden sollten:

*Frage 1: Was halten Sie z.B. von einer Übung, bei der Sie einen Satz hören und parallel zum geschriebenen Text entscheiden müssten, ob die beiden Zielsätze übereinstimmen?*

Diese Frage wurde von 56% (n=22) der Befragten mit „5“ bewertet, 26% (n=13) der Befragten bewerteten jene Frage mit „4“, 8% (n=4) mit „3“ und 10% (n=3) mit „1“.

*Frage 2: Was halten Sie z.B. von einer Übung, bei der Sie im Anschluss an einen gehörten Textabschnitt Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten beantworten sollten?*

Die Frage wurde von 20% (n=21) der befragten Personen mit „5“, von 16% (n=8) mit „4“, von 16% (n=8) mit „3“, von 4% (n=2) mit „2“ und von 8% (n=4) mit „1“ bewertet.

*Frage 3: Was halten Sie z.B. von einer Hörübung, die Sprecherwechsel (Männerstimme, Frauenstimme, Dialekte) einschließt?*

54% (n=27) der befragten Personen bewerteten diese Frage mit „5“, von 16% (n=8) mit „4“, von 8% (n=4) mit „3“, von 4% (n=2) mit „2“ und von 4% (n=2) mit „1“.

*Frage 4: Was halten Sie z.B. von einer Übung zum Hören mit räumlichen Effekten, Nachhall, Störgeräuschen?*

Die Frage wurde von 50% (n=25) der befragten Personen mit „5“, von 10% (n=5) mit „4“, von 12% (n=6) mit „3“ und von 14% (n=7) mit „1“ bewertet.

68% (n=34) der Befragten gaben an, ein Trainingsprogramm am Computer für künftige Therapien zu begrüßen. 36% (n=18) der CI-Träger präferierten zusätzliche Übungen an ihrem Smartphone. Mehr als die Hälfte aller Befragten (56%, n= 28) wünschte sich zudem eine Rückmeldung und Auswertung der Einzelergebnisse. Bezüglich der zum Üben zur Verfügung stehenden Zeit gaben 44% (n=22) an, weniger als zwei Tage pro Woche üben zu können, 26% (n=13) gaben an, weniger als vier Tage pro Woche üben zu können und 10% (n=5) möchten sich bemühen mehr als vier Mal pro Woche ein Hörtraining zu absolvieren. Bezüglich der finanziellen Aufwendungen an ein Rehabilitationsprodukt würden 40% (n=20) der CI-Träger zwischen 25 und 50 Euro und 14% (n=7) maximal 25 Euro ausgeben. 12% (n=6) der Befragten wären bereit mehr als 50 Euro auszugeben.

Unter Berücksichtigung der Anmerkungen der befragten Personen lassen sich folgende Erwartungen und Wünsche an ein Hörtrainingsmaterial charakterisieren: Die Befragten sind sich einig, dass das verwendete Übungsmaterial einen deutlichen Alltagsbezug herstellen soll. Besonders hervorgehoben wird der Wunsch nach Satzübungen, auch in Anlehnung an die aus der Rehabilitation bekannte Methode des Speech Trackings. Der Einbezug von Hintergrundgeräuschen und wechselnden Stimmen ist ebenfalls eindeutig erwünscht. Zudem gibt die Mehrheit der befragten CI- oder Hörgeräteträger an, gerne Übungen am Computer durchzuführen um das häusliche Üben außerhalb des Therapieraumes zu unterstützen.

### 3. METHODIK

In diesem Kapitel erfolgt zunächst eine Darstellung des methodischen Vorgehens bei der Materialerstellung. Neben einer Erläuterung verschiedener Trainingsmodalitäten werden die Kriterien an das verwendete Satzmaterial sowie die methodische Umsetzung des Entwicklungsverfahrens vorgestellt und begründet. Das Kapitel schließt mit einer Darstellung des Übungsverfahrens, sowie der an die Ergebnisse gestellten Prinzipien der Datenanalyse ab.

#### 3.1 VORÜBERLEGUNGEN ZUM TRAININGSVERFAHREN

Die Auswertung des Interviews eröffnete zahlreiche Möglichkeiten zur Darbietung eines ausgewählten Sprachmaterials. Um dem Anspruch eines Trainingsverfahrens zur Verbesserung des auditiven Satzverstehens unter alltagsnahen Bedingungen gerecht zu werden, konnten unterschiedliche Verfahrensrealisationen in Betracht gezogen werden, welche die Aufmerksamkeit des Hörers auf semantische und syntaktische Unterschiede zwischen einem gehörten Text und seinem visuellen Pendant lenken. In Anlehnung an das Wahrnehmungsmodell nach Lauer (1999) (Kap. 1.1.1.3) wurden drei Übungsverfahren entwickelt, welche die Ebenen der Sprachverarbeitung unter Einbezug top-down-gesteuerter Verarbeitungsprozesse verbessern und hinsichtlich ihrer Effektivität evaluiert werden sollten. Ein Auszug des hierzu verwendeten Satzmaterials findet sich in Anhang C.

84

---

##### 3.1.1 EXPERIMENTELLE BEDINGUNG A: SEMANTIK

Die experimentelle Bedingung, in welcher der Hörer für kohärente Satzzusammenhänge unter Einbezug kognitiver top-down-Prozesse sensibilisiert werden soll, umfasste semantisch veränderte Satzkonstruktionen. Das Stimulusmaterial repräsentierte drei Satzbedingungen. Neben (a) korrekten Baseline Sätzen wurden (b) semantisch veränderte Sätze mit einer *hohen cloze probability*<sup>15</sup> (Fischler & Bloom, 1979, 1980) und (c) semantisch veränderte Sätze mit einer *geringen cloze probability* präsentiert (vgl. Wolf, 2004). Die cloze probability in den Sätzen der beiden Bedingungen (b) und (c) wurde dabei über die Erwartungshaltung auf das jeweilige (1) *Substantiv*, (2) *Verb* oder *Adjektiv* manipuliert, d. h. es lagen unterschiedlich

---

<sup>15</sup> Die cloze probability für die substituierten Zielwörter wurde in einer Pilotstudie mit 40 Probanden ermittelt. Den Probanden wurden die Satzkonstruktionen vorgelegt wobei einzelne Wörter eliminiert und durch eine Lücke gekennzeichnet wurden. Aufgabe des Lesers war es, die Lücke mit zwei alternativen Wörtern zu schließen, die am sinnvollsten zur Vervollständigung des Satzes erschienen (vgl. Taylor, 1953; Chwilla et al., 1995; van den Brink, Hagoort & Brown, 2001; Swaab et al., 2003: Hohe CP bei Swaab et al.: > 45 % hohe Erwartungswahrscheinlichkeit; van den Brink, Hagoort & Brown: > 50 %). In der vorliegenden Arbeit repräsentiert das häufigste gewählte Wort die high, das am seltensten gewählte Wort die low cloze probability.

hohe semantische Verbundwahrscheinlichkeiten zwischen der Nominalphrase und dem Verb bzw. Nomen vor. Auf eine Beschränkung satzfinaler Zielwörter wurde verzichtet um den Schwierigkeitsgrad durch Modifikation der Zielwortposition im Satz zu variieren. Bei der Auswahl semantischer Substitutionswörter wurde die Silbenstruktur an jene des Zielwortes angeglichen um eine Identifikation durch prosodische Kontraste zu minimieren. In jener akustischen Modalität bestand die Aufgabe des Hörers darin, den gehörten Satz mit seiner visuellen Vorlage zu vergleichen, nach Satzende die Kongruenz der Sätze zu beurteilen und im Falle eines semantisch inkongruenten Satzes jenes Wort herauszufiltern, das nicht in den durch das Kategoriensystem vorgegebenen Kontext hineinpasste. Der Vorteil im Einsatz semantisch manipulierter Sätze besteht darin, dass die syntaktische Struktur des Satzes nicht verändert wird und die Aufmerksamkeit hinreichend auf inhaltliche Aspekte gelenkt werden kann. Eine Veränderung des Schwierigkeitsgrades kann zudem durch den Parameter der syntaktischen Komplexität realisiert werden.

1. Im Hafen an der Promenade liegen viele kleine Boote.  
\*Im Hafen an der Promenade liegen viele kleine Schiffe. (HIGH)
2. Die Fischer reparieren ihre Netze, bevor sie auf das Meer hinausfahren.  
\*Die Fischer knüpfen ihre Netze, bevor sie auf das Meer hinausfahren (LOW)

85

---

Im Experiment wurden für jede der zwei Bedingungen (b) und (c) jeweils 60 Sätze verwendet, mit deren Hilfe insgesamt 120 verschiedene semantisch inkongruente Satzkonstruktionen gestaltet wurden. Eine weitere Anzahl von 120 korrekten Sätzen vervollständigte das Satzmaterial zu einer Gesamtzahl von 240 Sätzen. Das gleiche Material an korrekten Sätzen wurde für die Konzeption der weiteren Übungsbedingung verwendet.

#### **3.1.2 EXPERIMENTELLE BEDINGUNG B: MORPHO-SYNTAX**

Um den Hörer im Rahmen eines auditiven Satztrainings für grammatikalische Inkongruenz zu sensibilisieren, ohne dabei auf kontextuelle Hinweise zurückgreifen zu können, umfasste diese experimentelle Bedingung syntaktische fehlerhafte Regelanwendungen. Das Stimulusmaterial umfasste zwei experimentelle Bedingungen. Neben (a) korrekten Baseline Sätzen wurden (b) syntaktisch inkorrekte Sätze mit einer fehlerhaften (Morpho)-Syntax präsentiert. In jener akustischen Modalität besteht die Aufgabe des Hörers darin, den gehörten Satz mit seiner visuellen Vorlage zu vergleichen, nach Satzende die Kongruenz der Sätze zu beurteilen und im Falle einer syntaktischen Inkongruenz jenes Wort herauszufiltern, welches

eine grammatisch fehlerhafte Regelanwendung aufwies. Die Konstruktion der morpho-syntaktisch inkongruenten Sätze erfolgte durch eine hinreichende Veränderung freier und gebundener Morpheme. Ferner wurden verschiedene Arten morpho-syntaktischer Konflikte realisiert: (1) *Irregularisierung regulärer Verben*, (2) *verletzter Numerus femininer Nomen*, (3) *Passivierung intransitiver Verben*, (4) *Veränderung morphologischer Markierungen*, (5) *Kasus-* und (6) *Tempusverletzungen*.

- (1) Der Eisverkäufer verkauft Limonade. / \*Der Eisverkäufer verkaufen Limonade.
- (2) Die Blume. / \*Die Blumes.
- (3) Der Hund hat gebellt. / \*Der Hund wurde gebellt.
- (4) Das Kind bastelt einen Blütenkranz. / \*Das Kind gebastelt einen Blütenkranz.
- (5) Er liebt die Sonne. / \*Er liebt den Sonne.
- (6) Der Abend wird lang werden. / \*Der Abend wurde lang werden.

Nach Weyerts et al. (1997) und Clahsen (1999) werden Pluralformen femininer Nomen, welche im Deutschen mit dem Pluralsuffix ”-en“ gebildet werden, als irreguläre Plurale bezeichnet. Für die inkorrekte Pluralbildung wurden diese Pluralformen regularisiert, d. h. das feminine Nomen wurde mit dem regulären Pluralsuffix ”-s“ versehen. Die Passivierung intransitiver Verben wurde durch Zuordnung der im Satz auftretenden Nominalphrase zum Verb als Objekt-Argument realisiert, obgleich intransitive Verben außer einem Subjekt-Argument keine weiteren Argumente zulassen. Damit wurde in der syntaktisch inkorrekten Bedingung eine fehlerhafte Verbargumentstruktur im Sinne einer Stelligkeitsverletzung realisiert. Um den Schwierigkeitsgrad der empirischen Trainingsbedingung hinsichtlich morphologischer Verletzungen adäquat zu operationalisieren wurden bei der Auswahl morpho-syntaktisch beabsichtigter Verletzungen unterschiedliche Morphemklassen herangezogen. Die Konstruktion der morphologisch veränderten Wörter erfolgte unter Verwendung der morphologisch gebundenen Markierungen, d. h. es wurden „ge-“ als Präfix sowie ”-en“ oder ”-t“ als Suffix angefügt. Des Weiteren wurden Kasus- und Tempusveränderungen vollzogen, welche die syntaktische Struktur der Sätze fehlerhaft abänderten.

Im Experiment wurden insgesamt 120 syntaktisch fehlerhafte Satzkonstruktionen verwendet, mit deren Hilfe für jede der Bedingung (b) jeweils 120 Sätze konstruiert wurden. Die insgesamt 240 Stimulussätze wurden auf zwei Listen verteilt; jede Liste umfasste gleich viele korrekte und gleichviel der fehlerhaften Satzkonstruktionen. Das gleiche Material an korrekten Sätzen wurde für die Konzeption der weiteren Trainingsbedingung verwendet.

### 3.1.3 EXPERIMENTELLE BEDINGUNG C: LÜCKENSÄTZE

Als dritte Option wird der Einsatz von Lückentexten postuliert. Im Rahmen jener Übung soll das auditiv präsentierte Satzmaterial mit seiner visuellen, fragmentarischen Darstellung verglichen und darin enthaltene Wortlücken mit dem gehörten Zielwort vervollständigt werden. Die Auswahlitems dienen dazu, den Hörer für phonetische Unterschiede zu sensibilisieren, ohne auf kontextuelle Hinweise zurückgreifen zu können. In Anlehnung an das Kategoriensystem (siehe Kap. 3.2.1) erfolgt eine Veränderung des Schwierigkeitsgrades neben dem Parameter der syntaktischen Komplexität durch Position und Anzahl der Lücken innerhalb einer Sequenz und der Wortart der Elision (Nomen, Verben, Adverbien, Adjektive).

Alle Texte der Kategorien 1 und 2 beinhalteten nur eine Lücke, welche der Patient mit dem korrekten gehörten Zielitem schließen sollte. Die Anzahl der Lücken in den Kategorien 3 und 4 beläuft sich pro Text auf zwei Zielitems. Obgleich Kohäsion mit Hilfe des Themenblocks gestiftet werden kann, sind Inferenzen als Hinweis auf das Zielwort ausgeschlossen. Bei der Auslassung der Wörter wurde zwischen leichten und schweren Items unterschieden: Der Unterschied zwischen den Kategorien besteht darin, dass die Lücke in den ersten beiden Kategorien durch eine als leicht eingestufte Wortart zu schließen sind und die Lücke in den Kategorien 3 und 4 durch eine als schwer eingestufte Wortart vervollständigt werden mussten. Während eine leichte Wortlücke sich lediglich auf die Elision von *Nomen* bezieht, schließt die schwere Wortart zudem *Verben*, *Adverbien* und *Adjektive* als mögliche Wortlücken ein. Die Lücken in den Kategorien 1 und 2 befinden sich immer in der Satzmitte.

- (1) Die Frau reinigt den Boden mit einem Besen. / \*Die Frau reinigt den \_\_\_\_\_ mit einem Besen.
- (2) Der Reisebus fährt nach Spanien. / \*Der \_\_\_\_\_ fährt nach Spanien.

In den Kategorien 3 und 4 stehen die Lücken sowohl in der Satzmitte als auch am Satzanfang und –ende und erschweren die Vervollständigung durch ansteigende bzw. abfallende Intonation. Die Schließung der Lücke kann nicht allein durch das satzübergreifende Verständnis erfolgen, das korrekte auditive Verstehen bestimmt den Antezedenten.

- (3) Die Frau reinigt den Boden mit einem Besen. / \* Die Frau \_\_\_\_\_ den \_\_\_\_\_ mit einem Besen.
- (4) Der Reisebus fährt heute nach Spanien. / \* Der \_\_\_\_\_ fährt \_\_\_\_\_nach Spanien.

Im Experiment wurden insgesamt 120 Lückensatzkonstruktionen verwendet, mit deren Hilfe für jede der vier Bedingungen jeweils 30 Sätze konstruiert wurden. Die insgesamt 240 Stimulussätze wurden auf zwei Listen verteilt, jede Liste umfasste gleich viele korrekte Sätze und verschiedene Lückensatzkonstruktionen.

### 3.2 AUFBAU DES THERAPIEMATERIALS

Das Therapiematerial besteht aus einer Sammlung alltagsnaher, themengebundener Sätze, welche sowohl auditiv, als auch visuell je nach Darbietungsmodus am Computer präsentiert werden. Das Training bietet Übungstexte zu drei alltagsrelevanten Themenblöcken an. Zu jedem der drei Themenblöcke wurden Texte konstruiert, welche demselben semantischen Bereich unterliegen, jedoch unterschiedliche Situationen repräsentieren und es zum Ziel haben, vielfältige Alltagssituationen nachzustellen. Ferner beschreibt das vorliegende Trainingsprogramm ein Satzmaterial aus dem *halb-offenen Set*. Im Rahmen einer sich steigernden Schwierigkeitshierarchie wurden unterschiedliche *textabhängige Parameter* berücksichtigt. Je nach Schwierigkeitsgrad variieren sowohl die Länge der Phrasen, die Anzahl präsentierter Phrasen innerhalb einer Sequenz, sowie deren syntaktische Komplexität.

**Tab. 6: Schematische Darstellung der Themenblöcke.** Jeder der drei Themenkomplexe (*Family&Friends*, *Leisure Time*, *At work*) bietet vier Unterkategorien, welche mit vier Schwierigkeitsgraden verbunden sind.

9 Themen	Thema 1	Thema 2	Thema 3	Thema 4
<b>Family&amp;Friends</b>	Seasons&Holidays	At Home	In the Car	In the Shop
<b>Leisure time</b>	At the Beach	Going out	Famous citations	Famous scene
<b>At work</b>	In the Office	At the Airport	On the Phone	In a Meeting

#### 3.2.1 SCHWIERIGKEITSHIERARCHIE

In Anlehnung an De Filippo (1994) wird davon ausgegangen, dass eine komplexe Syntax die Textverstehensleistung in Speech Tracking-Aufgaben beeinflusst. Ferner wurde der *Parameter der syntaktischen Komplexität* variiert. Diesbezüglich sind die Variablen *Anzahl der Sätze und prosodischer Phrasen (PhP)* (s. Kap. 3.2.3), *Anzahl auftretender Personen* und *Anzahl der Örtlichkeiten und Episoden* und *Wortstellung im Satz* anzuführen. Ein erarbeitetes Kategoriensystem realisiert eine Anpassung des Schwierigkeitsgrades an das individuelle Leistungsniveau des Programmnutzers (siehe Tab.7).

Die *Kategorien 1 und 2* beinhalten kurze, narrative Texte, die ein bis zwei Sätze mit jeweils zwei bis vier phonologischen Phrasen beinhalten. Der syntaktische Aufbau innerhalb der Texte beider Kategorien ist einfach gehalten. Enthalten sind ausschließlich Aktiv-Sätze in Hauptsatz-Hauptsatz- oder Hauptsatz-Nebensatz-Konstruktionen mit einer gering gehaltenen

Anzahl an Adjektiven und Aufzählungen. Bezogen auf den Inhalt wird zumeist ein Ereignis geschildert, an dem mindestens eine bis maximal zwei Personen beteiligt sind. Die Übungstexte der *Kategorien 3 und 4* bestehen aus zwei bis drei Sätzen und beinhalten vier bis sechs Phrasen. Der syntaktische Aufbau wird in diesen beiden Kategorien komplexer gestaltet, indem sowohl Aktiv- als auch Passiv-Sätze vorkommen können. Des Weiteren werden Hauptsatz-Nebensatz- und Nebensatz-Hauptsatz-Gefüge verwendet sowie mehrere Adjektive und Aufzählungen. Inhaltlich sind mehrere Personen an mehreren Ereignissen beteiligt. Die syntaktische Komplexität wird durch die größere Anzahl an Ereignissen und beteiligten Personen zusätzlich gesteigert. Vor allem bei den Lückensätzen der Übungsbedingung 3 wurde darauf geachtet, dass die Auswahl des korrekten Items nicht allein durch ein satzübergreifendes Verständnis erfolgen kann, sondern das korrekte auditive Verstehen den passenden Antezedenten bestimmt.

**Tab. 7: Schwierigkeitshierarchie innerhalb der Themenblöcke.** Mit zunehmender Kategorie erhöht sich der Schwierigkeitsgrad der Übungen hinsichtlich der Anzahl der Sätze und phonologischer Phrasen (PhP), der Anzahl auftretender Personen und Anzahl der Örtlichkeiten und Episoden und Wortstellung im Satz.

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
1-2 Sätze	1-2 Sätze	2-3 Sätze	2-3 Sätze
2-4 PhP	2-4 PhP	4-6 PhP	4-6 PhP
einfache Syntax	einfache Syntax	komplexe Syntax	komplexe Syntax
1-2 beteiligte Personen	1-2 beteiligte Personen	>2 beteiligte Personen	>2 beteiligte Personen
Aktivsätze	Aktivsätze	Aktiv-/Passivsätze	Aktiv-/Passivsätze
1 Ereignis / Handlung	1 Ereignis / Handlung	> 1 Ereignisse/ Handlungen	> 1 Ereignisse/ Handlungen

### 3.2.2 KRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL DES SATZMATERIALS

Das verwendete Satzmaterial der vorliegenden Experimentalreihe erfüllt bestimmte Kriterien, die im Rahmen der begrenzten Variabilität linguistischer Komplexität für sinnvoll erachtet werden (vgl. Billich, 1981): Die geforderten Kriterien dienen dazu, Faktoren zu minimieren, die sich abgesehen von dem durch das CI korrigierten Höreindruck auf die Sprachverständnisleistungen der Probanden auswirken und diese beeinflussen könnten:

Um ein für die Alltagskommunikation repräsentatives Sprachmaterial zu entwickeln, sollte bei der Zusammenstellung der Sätze darauf geachtet werden, dass sie in ihrer *phonetischen Zusammensetzung* fließender geschriebener oder gesprochener Sprache gleichen. Ferner sollte an dieser Stelle sichergestellt sein, dass die Satzlisten untereinander äquivalent und phonologisch dem bekannten Gebrauch der Alltagssprache angepasst sind und alle möglichen Manifestationen einer Sprache widerspiegeln. Konsequenterweise sollte das Trainingsmaterial sowohl *affirmative* als auch *interrogative* Sätze enthalten. Die Verwendung *regional gefärbter Wörter* wurde vermieden, gleichfalls Neologismen und Logatome<sup>16</sup>, ebenso wissenschaftliche Begriffe, Tabu-Wörter usw. (Dillier & Spillmann 1992). Weiter sollten die Sätze ein ausgewogenes *Maß an Redundanz* enthalten, keine *Ambiguität* aufweisen und nicht zu schwierig oder komplex sein und die Anzahl leicht und schwer zu verstehender Zielitems innerhalb eines Themenkomplexes ausgewogen sein. Unter Beachtung der normativen *Gedächtnisspanne* von sieben Items pro Übungseinheit sollten die Wörter innerhalb eines Satzes eine Anzahl von acht ( $\cong$  4-6 PhP) nicht überschreiten, damit sie der Proband sicher wiederholen kann und die Wahrscheinlichkeit eines Leistungsabfalls durch gedächtnisspezifische Defizite minimiert wird (Miller, 1956). Weiter sollte die minimale Anzahl phonologischer Phrasen in einem Satz zwei bis drei nicht unterschreiten. Darüber hinaus sollten die Sätze innerhalb eines Themenbereichs eine Anzahl von 20 nicht überschreiten um eine mit der *Höranstrengung* verbundene nachlassende Konzentration und Aufmerksamkeit zu vermeiden (Sarampalis et al., 2009). Um dennoch auszuschließen, dass sich die Übungsperson bei Durchführung des Trainings an bereits gehörte Sätze erinnert, sollte die Anzahl an Sätzen für den jeweiligen Themenbereich so umfangreich sein, dass bei *wiederholter Durchführung* die gleichen Sätze nicht mehrfach angeboten werden. In Ihren Ausführungen kritisieren Tye-Murray & Tyler (1988) die Verwendung von Sätzen aus einem Sinnzusammenhang um *kontextuelle Hinweise* auf den Zielsatz zu vermeiden. In ihrem ursprünglichen Vorgehen beschreiben De Filippo & Scott (1978) jedoch die Verwendung von Sätzen aus einem inhaltlichen Zusammenhang. Weiter entspricht jenes, die Top-down-Prozesse (insbesondere Erwartung) anregendes Vorgehen dem alltäglicher Kommunikationssituationen, welche den Zuhörer eine bestimmte Antwort des Sprechers erwarten lässt. Durch die beim Hörer entstehende Erwartungshaltung wird die Aufmerksamkeit vor allem auf kohäsive Zusammenhänge gerichtet; der inhaltliche Verstehensprozess wird damit erleichtert.

---

<sup>16</sup> Neologismen oder Logatome sind Anordnungen von Phonemen, die den phonologischen Regeln entsprechend gebildet werden, aber keine inhaltliche Bedeutung innerhalb der Muttersprache besitzen.

Auch beobachteten Tye-Murray & Tyler (1988), dass *narrative Textformen* für den Zuhörer leichter zu verstehen sind, als *deskriptive Textpassagen* (Owens & Raggio, 1987). Entwickelt wurden narrative Texte, in denen nicht die Vermittlung inhaltlich neuer Informationen ein Motivationsanreiz für Patienten im Vordergrund steht.

#### 3.2.3 **PROSODISCHE UND SYNTAGMATISCHE KOMPLEXITÄT DER SÄTZE**

Eine wichtige Funktion der Prosodie ist die syntagmatische Strukturierung des Gesprochenen (Price et al., 1991). Der sprachliche Rhythmus erfüllt Funktionen im Bereich der Gliederung und Hervorhebung auf allen linguistischen Ebenen. Sowohl Silben- und Wortgrenzen als auch Wortbetonungen werden durch ihn markiert, syntaktische Phrasen und semantisch zusammengehörige Einheiten werden rhythmisch gegliedert (Dombrowski, 2003; Kompe et al., 1997). Hierbei entstehen prosodische Phrasen, die nicht mit der syntaktischen Phrasierung übereinstimmen müssen und deren Grenzen sich auf der signalphonetischen Ebene durch Bündel phonetischer Merkmale manifestieren. Die prosodische Struktur einer deutschen Intonationsphrase (IntP) lässt sich mittels dreier gut beobachtbarer Kriterien erkennen: Die Möglichkeit eine *Pause* zu setzen, die Platzierung eines *Phrasenakzentes* und des *Hauptakzentes*.

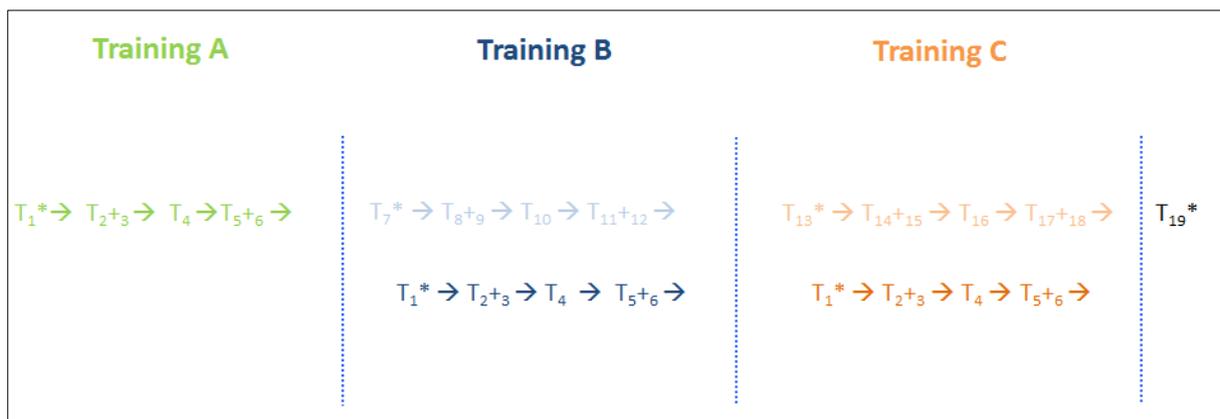
[ (Der Karl) ... (hat am Sonntag) ... (zwei Tore geschossen). ]

*Abb. 13: Prosodische Struktur einer Intonationsphrase [IntP]. Es erfolgt eine Untergliederung der Phrase nach den Kriterien Pausensetzung (...), Phrasenakzent (PhA) und Hauptakzent (HA).*

Forscher nehmen an, dass es bei der Sprachwahrnehmung eine phonologische Komponente gibt, die neben der Erkennung von Morphemen und lexikalischen Einheiten, auch eine prosodische Repräsentation für das präsentierte Material erstellt (Marslen-Wilson et al., 1992; Speer, Kjelgaard, Dobroth, 1996; Watt & Murray, 1996; Speer, Warren, Schafer, 2003). Jene Erkenntnisse der prosodischen Phrasierung der deutschen Sprache sollten in die Entwicklung des Satzmaterials integriert werden. Ferner wird dem Merkmal der syntaktischen Komplexität durch eine zunehmende Steigerung der Anzahl phonologischer Phrasen Rechnung getragen. Auf eine Unterscheidung der Sätze durch Angabe der Wortanzahl wird im Folgenden verzichtet. Ferner bezieht sich die in weiteren Verlauf angeführte Angabe der Satzlänge auf die Anzahl phonologischer Phrasen innerhalb einer Intonationsphrase. Die Bestimmung jener phonologischen Phrasen wird im Folgenden durch die drei Merkmale *Pausensetzung*, *Phrasenakzent* und *Hauptakzent* charakterisiert. Weitere Ebenen der prosodischen Phrasierung in Wörtern finden hier keine Berücksichtigung.

## 4. ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN

Aus der Bearbeitung der aktuellen Literatur ergab sich, dass bisher nur wenige gesicherte Erkenntnisse darüber existieren, inwiefern verminderte Hörfähigkeiten die Mechanismen auditiver Sprachverarbeitung bedingen und welche evidenz-basierten Rehabilitationskonzepte das auditive Satzverstehen von hörgeschädigten Menschen unter Einbezug kontextuellen Wissens in situativen Alltagsbedingungen verbessern. Ferner beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Entwicklung und Erprobung von Trainingsprogrammen, welche die Mechanismen der Satzverarbeitung unter Berücksichtigung semantischer und syntaktischer Bedingungsfaktoren bei erwachsenen, postlingual ertaubten CI-Patienten fördern. Die vorliegende Studie geht der Frage nach, ob ein semantisch basiertes Hörtraining durch Einbezug kontextueller Hinweise (Methode A), die Wahrnehmung für wenig saliente, syntaktische Merkmale (Methode B) oder die auditive Darbietung fragmentarischer Lückensätze (Methode C) das auditive Satzverstehen signifikant verbessern.



**Abb. 14: Grafische Darstellung des Crossover-Designs im Längsschnittverlauf.** Zu Beginn der Studie und vor Beginn der ersten Trainingseinheit (Zeitpunkt T<sub>1</sub>\*) wird ein Vortest durchgeführt. Nach Anwendung eines Verfahrens werden die Leistungsveränderungen mit Hilfe eines Zwischentests (T<sub>7</sub>\*/T<sub>13</sub>\*) vor Anschluss der nächsten Trainingssequenz dokumentiert.

In der vorliegenden Untersuchung sollen insgesamt drei Gruppen (Gruppe A, Gruppe B, Gruppe C) von postlingual ertaubten, erwachsenen Patienten, die uni- oder bilateral mit einem CI versorgt sind, im Rahmen einer längsschnittlichen Gruppenstudie teilnehmen. Sie werden untereinander, sowie mit einer Kontrollgruppe, die kein Training im Rahmen der Studie erhält, hinsichtlich ihrer Leistungen in den sprachaudiometrischen Untersuchungen im Vortest (T<sub>1</sub>\*), in den beiden Zwischentests (T<sub>7</sub>\*/T<sub>13</sub>\*) und im Nachtest (T<sub>19</sub>\*) verglichen. Die Patienten üben unter der jeweiligen Methode für einen Zeitraum von 6 Wochen, in denen einmal wöchentlich eine Therapieeinheit (TE) stattfindet. Vor Studienbeginn sowie nach

Absolvierung einer Methodensequenz von 6TE wird das auditive Sprachverstehen der Patienten getestet. Das Ziel dieser Untersuchung besteht darin, sowohl aufgabenspezifische Aspekte des auditiven Sprachverstehens als auch individuelle, neurokognitive, Verarbeitungsmechanismen theoriegeleitet hinsichtlich ihrer Bedeutung in der CI-Rehabilitation zu analysieren. Dadurch soll der bisher geringe Kenntnisstand im Bereich der neuronalen Reorganisationsforschung bei postlingual mit CI versorgter Gehörlosigkeit hinsichtlich komplexer kognitiver Aufgabenstellungen untersucht und um differenzierte Aussagen hinsichtlich der Verarbeitung unterschiedlicher Satzmodalitäten erweitert werden. Hierdurch lassen sich möglicherweise allgemeine oder individuelle Rückschlüsse für eine Optimierung der Rehabilitationsprozesse von CI-Patienten ziehen.

### FRAGESTELLUNG 1:

Welchen Einfluss hat die Anwendung eines Hörtrainings auf Satzebene auf die Leistungen des auditiven Sprachverstehens in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) (HSM-Satztest (HSM), Adaptiver Auditiver Sprachtest (AAST)) bei postlingual ertaubten, erwachsenen CI-Patienten in einem chronologischen Alter zwischen 20 und 76 Jahren?

93

---

### *AUDITIVES SPRACHVERSTEHEN IM HSM-SATZTEST IN RUHE*

Es wird angenommen, dass das Hörtraining auf Satzebene, welches 18 Trainingseinheiten umfasste, einen positiven Einfluss auf das auditive Satzverstehen in Ruhe hat.

#### *Hypothese 1: Auditives Sprachverstehen im HSM in Ruhe: Trainingsgruppen*

Dementsprechend besteht für die vorliegende Arbeit die Hypothese ( $H_1$ ), dass sich die auditiven Sprachverstehensleistungen der Trainingsgruppe in Ruhe (1) im Trainingsverlauf zu den Testzeitpunkten ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ) signifikant verbessern.

**$H_1$ : [ Leistungen: HSM (1)  $t_{x+1}$  (Training) > Leistungen: HSM (1)  $t_x$  (Training) ]**

bzw., dass sich die Leistungen der Trainingsgruppe signifikant verschlechtern – oder mindestens genauso gut sind wie zu vorigen Testzeitpunkten.

**$H_0$ : [ Leistungen: HSM (1)  $t_{x+1}$  (Training)  $\leq$  Leistungen: HSM (1)  $t_x$  (Training) ]**

### *Hypothese 2: Auditives Sprachverstehen im HSM in Ruhe: Trainings- vs. Kontrollgruppe*

Dementsprechend besteht für die vorliegende Arbeit die Hypothese ( $H_1$ ), dass die Leistungszunahme (LZ) des auditiven Sprachverstehens der Trainingsgruppe in Ruhe (1) zu allen Testzeitpunkten ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ), signifikant größer ist, als die der Kontrollgruppe, die kein Satztraining erhält.

**$H_1$ : [ LZ: HSM (1)  $t_x$  (Training) > LZ: HSM (1)  $t_x$  (Kontrollen) ]**

bzw., dass die Leistungszunahme des auditiven Sprachverstehens der Trainingsgruppe zu allen Testzeitpunkten signifikant kleiner – oder mindestens genauso gut ist wie die der Kontrollgruppe.

**$H_0$ : [ LZ: HSM (1)  $t_x$  (Training)  $\leq$  LZ: HSM (1)  $t_x$  (Kontrollen) ]**

### **AUDITIVES SPRACHVERSTEHEN IM HSM-SATZTEST IM STÖRGERÄUSCH**

Es wird angenommen, dass das Hörtraining auf Satzebene einen positiven Einfluss auf das auditive Verstehen von Sätzen im Störgeräusch hat. Die durch das Training aktivierten top-down-Prozesse sollen das auditive Sprachverstehen erleichtern und eine Verminderung der Höranstrengung bedingen. Jene freien Ressourcen können genutzt werden, um Sprache im Störgeräusch besser zu verstehen.

### *Hypothese 3: Auditives Sprachverstehen im HSM im Störgeräusch: Trainingsgruppen*

Dementsprechend besteht für die vorliegende Arbeit die Hypothese ( $H_1$ ), dass sich die Leistungen der Trainingsgruppe auch unter Störgeräusch (2) im HSM-Satztest zu allen Testzeitpunkten ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ) signifikant verbessern.

**$H_1$ : [ Leistungen: HSM (2)  $t_{x+1}$  (Training) > Leistungen: HSM (2)  $t_x$  (Training) ]**

bzw., dass sich die Leistungen der Trainingsgruppe im Störgeräusch signifikant verschlechtern – oder mindestens genauso gut sind wie zu vorigen Testzeitpunkten.

**$H_0$ : [ Leistungen: HSM (2)  $t_{x+1}$  (Training)  $\leq$  Leistungen: HSM (2)  $t_x$  (Training) ]**

### *Hypothese 4: Auditives Sprachverstehen im HSM im Störgeräusch: Trainings- vs. Kontrollgruppe*

Dementsprechend besteht für die vorliegende Arbeit die Hypothese ( $H_1$ ), dass die Leistungszunahme des auditiven Sprachverstehens der Trainingsgruppe im Störgeräusch (2)

zu allen Testzeitpunkten signifikant besser ist als die der Kontrollgruppe.

**H<sub>1</sub>: [ LZ: HSM (2) t<sub>x</sub> (Training) > LZ: HSM (2) t<sub>x</sub> (Kontrollen) ]**

bzw., dass die Leistungen der Trainingsgruppe signifikant schlechter – oder mindestens genauso gut sind wie die der Kontrollgruppe.

**H<sub>0</sub>: [ LZ: HSM (2) t<sub>x</sub> (Training) ≤ LZ: HSM (2) t<sub>x</sub> (Kontrollen) ]**

### *AUDITIVES SPRACHVERSTEHEN IM AAST & AAST\_HF IN RUHE & STÖRGERÄUSCH*

Es wird angenommen, dass das dreimonatige Hörtraining auf Satzebene einen positiven Einfluss auf das auditive Verstehen von Sätzen hat, welches unabhängig von der regelmäßigen Anpassung des Audioprozessors (AP) und Leistungen auf Wortebene ist.

#### *Hypothese 5: Auditives Sprachverstehen im AAST in Ruhe: Trainingsgruppen*

Dementsprechend besteht für die vorliegende Arbeit die Hypothese (H<sub>1</sub>), dass der Speech Reception Threshold (SRT) der Trainingsgruppe zu allen nachfolgenden Testzeitpunkten (T<sub>1</sub><sup>\*</sup>, T<sub>7</sub><sup>\*</sup>, T<sub>13</sub><sup>\*</sup>, T<sub>19</sub><sup>\*</sup>) in Ruhe (1) unverändert bleibt.

**H<sub>1</sub>: [ SRT: AAST (1) t<sub>x+1</sub> (Training) = SRT: AAST (1) t<sub>x</sub> (Training) ]**

bzw., dass sich der SRT der Trainingsgruppe im Trainingsverlauf signifikant verändert.

**H<sub>0</sub>: [ SRT: AAST (1) t<sub>x+1</sub> (Training) ≠ SRT: AAST (1) t<sub>x</sub> (Training) ]**

#### *Hypothese 6: Auditives Sprachverstehen im AAST im Störgeräusch: Trainingsgruppen*

Dementsprechend besteht für die vorliegende Arbeit die Hypothese (H<sub>1</sub>), dass der Speech Reception Threshold (SRT) der Trainingsgruppe zu allen nachfolgenden Testzeitpunkten (T<sub>1</sub><sup>\*</sup>, T<sub>7</sub><sup>\*</sup>, T<sub>13</sub><sup>\*</sup>, T<sub>19</sub><sup>\*</sup>) im Störgeräusch (2) unverändert bleibt.

**H<sub>1</sub>: [ SRT: AAST (2) t<sub>x+1</sub> (Training) = SRT: AAST (2) t<sub>x</sub> (Training) ]**

bzw., dass sich der SRT der Trainingsgruppe im Trainingsverlauf signifikant verändert.

**H<sub>0</sub>: [ SRT: AAST t<sub>x+1</sub> (Training) ≠ SRT: AAST t<sub>x</sub> (Training) ]**

#### *Hypothese 7: Auditives Sprachverstehen im AAST\_HF in Ruhe: Trainingsgruppen*

Dementsprechend besteht für die vorliegende Arbeit die Hypothese (H<sub>1</sub>), dass der Speech Reception Threshold (SRT) für hochfrequente Laute der Trainingsgruppe zu allen nachfolgenden Testzeitpunkten (T<sub>1</sub><sup>\*</sup>, T<sub>7</sub><sup>\*</sup>, T<sub>13</sub><sup>\*</sup>, T<sub>19</sub><sup>\*</sup>) in Ruhe (1) unverändert bleibt.

**H<sub>1</sub>:** [ SRT: AAST\_HF (1)  $t_{x+1}$  (Training) = SRT: AAST\_HF (1)  $t_x$  (Training) ]

bzw., dass sich der SRT der Trainingsgruppe im Trainingsverlauf signifikant verändert.

**H<sub>0</sub>:** [ SRT: AAST\_HF (1)  $t_{x+1}$  (Training)  $\neq$  SRT: AAST\_HF (1)  $t_x$  (Training) ]

### FRAGESTELLUNG 2:

Besteht eine Korrelation zwischen der Leistungszunahme der Patienten im auditiven Sprachverstehen und den einzelnen Trainingssequenzen (Bedingung A: semantisch inkorrekte Sätze, Bedingung B: syntaktisch inkorrekte Sätze, Bedingung C: Lückensätze)?

#### *Hypothese 8: Leistungszunahme in den Trainingsgruppen*

Es wird angenommen, dass eine Korrelation zwischen der Leistungszunahme im auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) und der Operationalisierung der Abfolge der unterschiedlichen Trainingsmethoden im Zeitverlauf besteht.

**H<sub>1</sub>:**[LZ: HSM (1/2) (Bed. A)  $\neq$  LZ: HSM (1/2) (Bed. B)  $\neq$  LZ: HSM (1/2) (Bed. C)]

bzw. dass keine Korrelation zwischen der Leistungszunahme im auditiven Sprachverstehen und der Abfolge der unterschiedlichen Trainingsmethoden im Zeitverlauf vorliegt.

**H<sub>0</sub>:**[LZ: HSM (1/2) (Bed. A) = LZ: HSM (1/2) (Bed. B) = LZ: HSM (1/2) (Bed. C)]

#### *Hypothese 9: Leistungsunterschiede zwischen semantischer und syntaktischer Bedingung*

Es wird angenommen, dass das Erkennen semantischer Unterschiede (A) unter Einbezug wissensbasierter top-down-Prozesse einen höheren Zuwachs im auditiven Sprachverständnis bringt, als das Erkennen wenig prominenter, morpho-syntaktischer Unterschiede (B). Ferner besteht die Hypothese (H1), dass die Leistungszunahme des auditiven Satzverstehens der Trainingsgruppen im HSM-Test in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) im Anschluss an Trainingsbedingung A, signifikant größer ist, als jene nach dem Training unter Bedingung B.

**H<sub>1</sub>:** [ LZ: HSM (1/2)  $t_x$  (Bed. A)  $>$  LZ: HSM (1/2)  $t_x$  (Bed. B) ]

dass die Leistungszunahme des auditiven Satzverstehens der Trainingsgruppen im HSM-Test in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) im Anschluss an Trainingsbedingung A, signifikant geringer oder gleich ist als jene nach dem Training unter Bedingung B.

**H<sub>0</sub>:** [ LZ: HSM (1/2)  $t_x$  (Bed. A)  $\leq$  LZ: HSM (1/2)  $t_x$  (Bed. B) ]

### *Hypothese 10: Leistungsunterschiede zwischen Lückensätzen und syntaktischer Bedingung*

Weiter besteht die Hypothese ( $H_1$ ), dass die Leistungszunahme des auditiven Satzverstehens der Trainingsgruppen im HSM-Test in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) im Anschluss an Trainingsbedingung C (Lückensätze) durch Aktivierung top-down-gesteuerter Verarbeitungsprozesse signifikant größer ist als jene nach dem Training unter Bedingung B.

$$H_1: [ LZ: HSM (1/2) t_x (\text{Bed. C}) > LZ: HSM (1/2) t_x (\text{Bed. B}) ]$$

dass die Leistungszunahme des auditiven Satzverstehens der Trainingsgruppen im HSM-Test in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) im Anschluss an Trainingsbedingung C, signifikant geringer oder gleich ist als jene nach dem Training unter Bedingung B.

$$H_0: [ LZ: HSM (1/2) t_x (\text{Bed. C}) \leq LZ: HSM (1/2) t_x (\text{Bed. B}) ]$$

### **FRAGESTELLUNG 3:**

Besteht eine Korrelation zwischen dem auditiven Sprachverstehen der Patienten im Nachtest und a) dem Höralter, b) dem Lebensalter, c) der Versorgungsart?

97

---

### *Hypothese 11: Korrelation zwischen auditivem Sprachverstehen und Höralter*

Es wird angenommen, dass eine positive Korrelation zwischen dem auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) und dem Höralter der Trainingsgruppe besteht. Weiter besteht die Annahme, dass Patienten mit einem geringen Höralter (<HA) ein besseres auditives Sprachverstehen aufweisen, als Patienten mit einem höheren Höralter (>HA).

$$H_1: [ HSM (1/2) (<HA) > HSM (1/2) (>HA) ]$$

bzw. dass keine zwischen dem auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) und dem Höralter der Trainingsgruppe vorliegt.

$$H_0: [ HSM (1/2) (<HA) \leq HSM (1/2) (>HA) ]$$

### *Hypothese 12: Korrelation zwischen auditivem Sprachverstehen und Lebensalter*

Es wird angenommen, dass eine positive Korrelation zwischen dem auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) und dem Lebensalter der Trainingsgruppe besteht. Ferner besteht die Annahme, dass Patienten mit einem geringen

Lebensalter (<LJ) ein besseres auditives Sprachverstehen aufweisen, als Patienten mit höheren Lebensalter (>LJ).

**H<sub>1</sub>:[HSM (1/2) (<LJ) > HSM (1/2) (>LJ)]**

bzw. dass keine zwischen dem auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) und dem Lebensalter der Trainingsgruppe vorliegt.

**H<sub>0</sub>:[ HSM (1/2) (<LJ) ≤ HSM (1/2) (>LJ)]**

*Hypothese 13: Korrelation zwischen auditivem Sprachverstehen und Versorgungsart*

Es wird angenommen, dass ein Unterschied zwischen dem auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) in Abhängigkeit der Versorgungsart und der Versorgungsart (unilateral (UL), bilateral (BL), bimodal (BM)) besteht.

**H<sub>1</sub>:[LZ: HSM (1/2) (UL) ≠ LZ: HSM (1/2) (BL) ≠ LZ: HSM (1/2) (BM)]**

bzw. dass kein Unterschied zwischen dem auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) in Abhängigkeit der Versorgungsart und der Versorgungsart (unilateral (UL), bilateral (BL), bimodal (BM)) vorliegt

**H<sub>0</sub>:[LZ: HSM (1/2) (UL) = LZ: HSM (1/2) (BL) = LZ: HSM (1/2) (BM)]**

## 5. EMPIRISCHE STUDIE

In diesem Kapitel erfolgt zunächst eine Darstellung der gewählten Stichprobe. Neben einer Erläuterung des gewählten Untersuchungsdesigns wird sodann das verwendete Material sowie die methodische Umsetzung der Gruppenstudie vorgestellt und begründet. Das Kapitel schließt mit einer Darstellung des Untersuchungsverfahrens, sowie der an die Ergebnisse gestellten Prinzipien der Datenanalyse ab.

### 5.1 STICHPROBE

Bezugnehmend auf bereits existierende Studien (vgl. Hahne, 2012), die eine Veränderung auditiver Wahrnehmungsleistungen nach Hörtraining belegen, wurden mittelstarke Effekte erwartet, welche die Verbesserung des auditiven Sprachverstehens betroffener Patienten untermauern sollten. Ausgehend von dieser Erwartung und bei angestrebter Absicherung der Effekte auf  $p \leq .05$  (und einer geschätzten Korrelation von  $r = 0.5$  zwischen den unterschiedlichen Stufen des Messwiederholungsfaktors) schlugen Bortz & Döring (2006, S. 617, Tab. 54) einen optimalen Stichprobenumfang von 14 pro Gruppe vor. Ferner wurde eine Stichprobengröße von 14 Patienten pro Untersuchungsgruppe angesetzt, die es ermöglicht, adäquate statistische Aussagen (u.a. zur Interaktion von Gruppe x Messzeitpunkt) zu machen. Die Trainingsgruppe der vorliegenden Experimentalreihe bestand aus 42 Patienten, die mit mindestens einem CI versorgt und durch das Universitätsklinikum München Großhadern oder Bochum sowie eine logopädische Praxis in München rekrutiert wurden. Insgesamt wurden 17 Männer und 25 Frauen in die Studie eingeschlossen, deren demografische Daten hinsichtlich Alter, CI-Tragedauer und Versorgungsmodus dokumentiert wurden. Die Teilnehmer waren im Alter von 20 bis 76 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 59,64 ( $SD:16,34$ ) Jahren. Hinsichtlich des Versorgungsmodus ließ sich eine Unterteilung in bimodal, bi- und unilateral versorgte Patienten vornehmen. Es zeigte sich eine Verteilung von insgesamt 27 bimodal, 6 bilateral und 9 unilateral CI-versorgten Patienten in der gesamten Patientenstichprobe. Der Vergleich der Daten zwischen den Trainingsgruppen (A, B, C) wurde durch die Bildung von matched-triples gewährleistet, die sowohl nach Alter, CI-Tragedauer und Versorgungsmodus angeglichen wurden<sup>17</sup>. Hierzu wurden die durch die Klinik rekrutierten Patienten der Reihenfolge nach auf die drei Trainingsgruppen verteilt. Die jeweilige Gruppenzugehörigkeit wurde per Zufallsmechanismus (Würfelwurf) bestimmt. Um zu untersuchen, ob erwartete,

---

<sup>17</sup> In Anbetracht der heterogenen Studienteilnehmer im klinischen Alltag wurde darauf geachtet, dass die oben genannten Faktoren so gut als möglich Berücksichtigung fanden und die Patiententriples in mindestens zwei Merkmalen übereinstimmten oder lediglich geringe Abweichungen festgestellt werden konnten.

positive Leistungsveränderungen im Studienverlauf auf das Training zurückzuführen und nicht durch inzidentelles Lernen bedingt sind, wurde nach Abschluss der Studententestung eine Kontrollgruppe mit 14 Probanden herangezogen, die nicht an dem Training teilnahm und gemäß genannter Kriterien an die Trainingsgruppe angeglichen wurde. Um einen Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Motivation auszuschließen wurden alle Kontrollprobanden zu Beginn der Datenerhebung über die Zielsetzung der Studie aufgeklärt und ihnen auf Wunsch nach Abschluss der Nachttestung das verwendete Material mitsamt ausführlicher Instruktionen ausgehändigt. Acht der 14 Kontrollprobanden nahmen dieses Angebot in Anspruch.

### 5.2 EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN

Die Probanden der Studie erfüllten bestimmte Ein- und Ausschlusskriterien, die im Rahmen der begrenzten Variabilität der Untersuchungsmöglichkeiten für sinnvoll erachtet wurden: Die Ausschlusskriterien dienen dazu, Faktoren zu minimieren, die sich abgesehen von der bestehenden Hörminderung auf das auditive Sprachverstehen der Probanden auswirken und dieses beeinflussen könnten. Es sollte an dieser Stelle sichergestellt sein, dass keine Intelligenzminderung oder kognitive Beeinträchtigung vorlag, welche das Sprachverstehen der Probanden negativ beeinflusste. Ferner sollten die Werte der Patienten in den klinischen Kontrolluntersuchungen (Kap. 5.3.2) im Normbereich liegen. Des Weiteren wurde eine gravierende neurologische oder psychiatrische (Vor-)Erkrankung, vor allem depressiver Art, ausgeschlossen. Ferner sollte über den Zeitraum der Untersuchung keine zusätzliche medikamentöse Behandlung stattfinden, die Aufmerksamkeits-, Reaktions- oder Gedächtnisleistungen der Probanden nachhaltig beeinflusste. Von einer Befreiung der Patienten von zusätzlichen, sprachtherapeutischen Behandlungen zur Minimierung der Veränderungen des Sprachverstehens durch äußere, nicht kontrollierbare Umstände wurde aus ethischer Sicht abgesehen. Stattdessen wurden die Patienten vor jeder Therapieeinheit über zusätzliche Hörtrainingsmaßnahmen befragt und diese unter Angabe der Stundenanzahl pro Woche dokumentiert. Weiter wurde eine im häuslichen Umfeld lautsprachlich orientierte Kommunikation vorausgesetzt, welche sich im Rahmen der *postlingualen* Ertaubung in allen Fällen als gegeben realisieren ließ. Einschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie waren gute Deutschkenntnisse, normale bzw. korrigierte Sehkraft, ein Alter zwischen 20 und 75 Jahren und ein nach HNO-ärztlicher Abklärung als postlingual erworben, diagnostizierter und mit CI kompensierter Hörverlust, der eine Tragedauer von 1-12 Monaten nicht unter- oder überschritt.

### 5.3 UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Das verwendete Material der vorliegenden Experimentalreihe ließ sich in vier Gruppen untergliedern, die im folgenden Kapitel dargestellt werden sollen: Zum einen wurden eine Reihe von Formularen von den Probanden ausgefüllt, zum zweiten wurden begleitdiagnostische Kontrollvariablen erhoben, die zwar keine unmittelbaren Aussagen über die auditiven Wahrnehmungsleistungen der Probanden trafen, jedoch zur Einschätzung kognitiver Leistungen herangezogen wurden. Zudem wurden im Rahmen der experimentellen Paradigmen auditiv dargebotene Aufgaben zum Sprachverstehen eingesetzt. Des Weiteren wurden verbale, aufgabenspezifische Untersuchungen auf Satzebene als Vor-/Zwischen- und Nachtest wiederholt um einen umfassenden Eindruck über die Veränderungen des auditiven Sprachverstehens der Patientin nach jeder Methodenexploration zu gewinnen.

#### 5.3.1 *FORMULARE UND FRAGEBÖGEN*

Die Studie wurde durch einen ‚Rahmenethikantrag für sonstige Studien‘ vom 01.01.2012 abgesichert (genehmigt von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Ludwig Maximilian Universität München, Aktenzeichen EK 385-12). Alle Probanden wurden ausführlich über die Rahmenbedingungen der Studie aufgeklärt und gaben ihre schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an der Untersuchung und zur Datenschutzerklärung. Zur Dokumentation wurden die Daten der Patienten in Form pseudoanonymisierter Zahlencodes notiert.

#### 5.3.2 *KLINISCHE KONTROLLVARIABLEN*

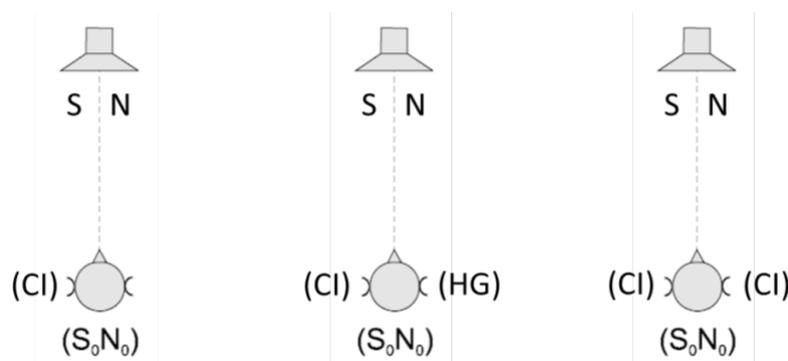
Um mögliche Beeinflussungen der Untersuchungsergebnisse durch potentielle Störvariablen zu vermeiden, wurden verschiedene Parameter zur Kontrolle erfasst und - wenn angezeigt - als Kovariaten in der Auswertung berücksichtigt. Als Kontrollvariablen dienten der Wortschatz und - sofern die Patientenakte Hinweise auf eine mögliche Aufmerksamkeitsstörung hinwies - die Überprüfung der intrinsischen und phasischen Aufmerksamkeit. Unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung wurde die Durchführung der Untertests 1-2 des Leistungsprüfsystems (LPS; Horn 1983) vorgeschlagen. Die Bewertung des bestehenden Allgemeinwissens, der Rechtschreibkenntnisse und des Wortschatzes erfolgt mit Hilfe des LPS 1 und 2. Der Proband bekommt die Aufgabe, in zwei Listen mit vorgegebenen Wörtern, welche jeweils einen Rechtschreibfehler enthalten, diesen zu

identifizieren und den falschen Buchstaben anzustreichen (Zeit: 2+3 Min.). Damit sind Rückschlüsse auf die kristalline Intelligenz möglich. Die ermittelten Rohwertsummen aus LPS 1 und 2 werden anhand von Normtabellen (Altersbereich: 9 bis 50+) in altersrelativierte T-Werte ( $MW: 5$ ,  $SD: 2$ ) transformiert und in ein Profil eingetragen. Die Erfassung der Aufmerksamkeit erfolgte mit Hilfe des Untertests ‚Alertness‘ aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP; Zimmermann & Fimm, 2002), die durch schnellstmöglichen Tastendruck auf mit oder ohne einem dem kritischen Reiz vorausgehenden Warnton in Form eines ABBA-Designs (A= ohne Warnreiz; B= mit Warnreiz) in jeweils 4 Durchgängen mit 20 Zielreizen sowohl die intrinsische (Durchgang A), als auch die phasische Alertness (Durchgang B) erfasst. Testreiz stellt ein mittig auf dem schwarzen PC-Bildschirm dargebotenes weißes Kreuz in einer Größe von 70 x 70 Pixeln (ca. 2 x 2 cm) dar. Der Testreiz wird in unregelmäßigen Abständen dargeboten, die in Schritten von 500 ms zwischen 3000 und 5000 ms variieren. Zeigt der Proband keine Reaktion oder reagiert er verfrüht, werden maximal fünf zusätzliche Trials pro Durchgang wiederholt. Die Dauer der Testdurchführung beträgt ohne Instruktion und Vortest etwa 4,5 Minuten. Abhängige Variable bildet die Reaktionszeit, die vom Onset des Stimulus bis zum Tastendruck gemessen wird. Als Daten zur Auswertung wurden sowohl Mediane der Reaktionszeit als auch die Standardabweichungen der Mediane ohne Warnton verwendet. Werte außerhalb des Normbereichs schlossen eine Teilnahme an der Studie aus.

### 5.3.3 *UNTERSUCHUNG DER SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT*

Um den Einfluss der drei unterschiedlichen Therapiemethoden im Behandlungsverlauf zu dokumentieren, wurde nach jeder Therapiesequenz eine spezifische Zwischendiagnostik durchgeführt. Weiter wurde das Sprachverstehen der Patienten vor Studienbeginn und nach Beendigung der Studie erfasst. Ergänzend zu den klinischen Kontrollvariablen im Vortest wurde zu allen weiteren Testzeitpunkten eine sprachaudiometrische Diagnostik durchgeführt: Die sprachaudiometrische Untersuchung erfolgte mit Hilfe des offenen HSM-Satztests (Hochmair et al., 1997), welcher sich speziell zur Messung des Satzverständnisses von CI-Trägern eignet. Jenes Testverfahren (Westra CD Nr. 15) besteht aus 3 Übungslisten (mit 10 Sätzen) und 30 Testlisten mit je 20 Alltagssätzen, umfangreichen, natürlich gesprochenen Satzmaterials, welches sowohl mit als auch ohne Hinzunahme von Störgeräuschen zur Überprüfung des Verstehens im Störgeräusch angeboten wird. Die Anzahl der Wörter im Satz liegt zwischen drei und acht. Alle Listen sind strukturgleich aufgebaut, inkludieren eine

Gesamtzahl von 106 Wörtern pro Liste und sind aufgrund ihres Umfangs zu Mehrfachmessungen ohne Wiederholung einzelner Sätze geeignet. In Anlehnung an Lehnhardt & Laszig (2009) wurde der Pegel des Sprachsignals auf 65 dB im Freifeld festgelegt. Um das Auftreten möglicher Deckeneffekte zu nivellieren, wurde eine Begrenzung korrekt verstandener Wörter im HSM-Satztest zu Studienbeginn auf 80% vorgenommen. Der HSM-Satztest wurde im Störgeräusch mit einem kontinuierlichen CCITT-Rauschen (Comit Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) nach Niemeyer (1967), ein speziell aus weißem Rauschen gefiltertes normierbares Signal bei +10 dB Signal-Rauschabstand (SNR) durchgeführt (65 dB Sprache zu 55 dB Störgeräusch) (Schmidt & Dlugosch, 1997; Hochmair-Desoyer et al 1997). Die Darbietung der Sätze erfolgte dichotisch von vorne aus einem Lautsprecher. Die Auswahl der Testlisten wurde bei allen Patienten randomisiert. Die Anwendung des HSM-Satztests in Ruhe und im Störgeräusch wurde zu allen Testzeitpunkten wie folgt operationalisiert: 1 Übungsliste, 2 Testlisten in Ruhe, 2 Testlisten im Störgeräusch.



**Abb. 15: Versuchsaufbau: Nutzsoll und Störsoll aus 0 Grad ( $S_0N_0$ )** (eigene Abbildung). Sowohl bei uni- und bilateral mit CI-versorgten, als auch bei bimodal versorgten Patienten wurden Stör- und Nutzsoll in allen sprachaudiometrischen Tests von frontal angeboten.

Um eine regelmäßige Überprüfung des Speech Recognition Thresholds (SRT)<sup>18</sup> zu gewährleisten und auszuschließen, dass mögliche Veränderungen des auditiven Sprachverstehens ausschließlich auf Veränderungen der Audioprocureinstellungen zurückzuführen sind, wurde der softwarebasierte Adaptive Auditive Sprachtest (AAST) (Coninx, 2005) als sprachaudiometrisches Testverfahren vor jeder Trainingseinheit in der Klinik herangezogen. Ein konstanter SRT-Wert im Zeitverlauf schloss Verbesserungen des Sprachverständnis aufgrund einer veränderten Anpassung damit aus. Im AAST werden sechs

<sup>18</sup> Der SRT (gemessen in Dezibel) sagt aus, bei welcher Intensität (dB) die Hälfte der Sprache verstanden wird (Coninx, 2005).

Zweissilber (Flugzeug, Eisbär, Schneemann, Lenkrad, Handschuh, Fußball) verwendet, welche eine mit kurzen Sätzen vergleichbare Redundanz aufweisen, die der Alltagssprache sehr ähnlich ist. Der AAST wird am Computerbildschirm durchgeführt. Über Kopfhörer oder Lautsprecher werden die 6 Wörter einzeln akustisch angeboten und durch Anklicken der visuellen Bildvorlage auf dem Bildschirm identifiziert. Nach jeder richtigen Antwort wird das folgende Wort 5 dB leiser angeboten, nach einer falschen Antwort sodann 10 dB lauter. Ferner stellt sich das Verfahren schnell auf die individuelle Hörschwelle ein. Nach 7 falschen Antworten wird das Testverfahren abgeschlossen. Der Schwellenwert wird automatisch aus den letzten 6 falschen Antworten berechnet (Zeit: 2 Min.). Der AAST\_HF (ebd.) ergänzt den AAST durch Ermittlung des SRT-Wertes für hochfrequent betonte phonemische Kontraste in Ruhe (Zeit: 2 Min.). Ferner wird der AAST in Ruhe und im Störgeräusch bei 10 dB SNR und AAST\_HF (ebd.) nur in Ruhe durchgeführt. Zusätzlich wurden die Patienten bei jeder Trainingsstunde in der Klinik mittels eines Fragebogens bezüglich zusätzlicher Hörübungen, Art und Dauer des häuslichen Trainings befragt um jene Daten gegebenenfalls als Kovariaten in der Auswertung zu berücksichtigen (siehe Kap. 6.6 und Anhang D).

### 5.3.4 EXPERIMENTELLE PARADIGMEN

Die experimentellen Paradigmen des Off-line-Verfahrens bestanden aus einem Aufgabenpool an verbalen Sprachverstehensaufgaben, welche - je nach angewendeter Aufgabenmodalität – durch Hinzunahme spezifischer, an die Verfahrensbedingung angelehnte, visueller Vorlagen präsentiert wurden. Alle drei erprobten Übungsbedingungen konnten hinsichtlich ihres Schwierigkeitsgrades in Anlehnung an Rost & Strauß-Schier (1998) auf der Satzebene angesiedelt werden. In Anlehnung an die in Kapitel 3.1 angestellten Vorüberlegungen wurden die unterschiedlichen Verfahrensbedingungen jeweils in getrennten Aufgaben operationalisiert: Pro Therapieeinheit wurden jeweils zwei Themenblöcke bearbeitet; es ergibt sich eine Anzahl von 40 Übungssätzen pro Therapieeinheit. Die Wahl der Themenblöcke erfolgte in der Reihenfolge des dargestellten Hierarchiesystems (siehe Kap. 3.2.1).

#### *a.) Experimentelle Bedingung 1:*

Zur Umsetzung des beschriebenen Vorgehens wurde dem Hörer die visuelle Vorlage eines Satzes vorgelegt um die Identifikation semantischer Konflikte zu erleichtern. Die einzelnen Phrasen des definierten Satzmaterials wurden sodann vom Therapeuten mündlich und per live-voice vorgetragen. In jener akustischen Modalität bestand die Aufgabe des Hörers darin,

die Übereinstimmung der visuellen und auditiv dargebotenen Satzvorlage zu beurteilen und im Falle eines Unterschieds jenes Wort herauszufiltern, das nicht in den durch das Kategoriensystem vorgegebenen Kontext hineinpasste. Die Entscheidung des Patienten über die semantische Angemessenheit des Satzes, als auch das im Fall eines semantischen Konflikts identifizierte Ablenkerwort wurde vom Therapeuten notiert.

### *b.) Experimentelle Bedingung 2:*

Die Durchführung der Trainingssequenz unter Anwendung syntaktischer Fehler wurde ebenfalls durch die visuelle Vorlage des Satzmaterials ergänzt. Auch in dieser Bedingung wurden einzelne Phrasen vom Therapeuten mündlich vorgetragen und eine vorher definierte Auswahl an Satzsubstituenten durch syntaktische Fehler ersetzt. Die Aufgabe des Hörers bestand darin, mögliche syntaktische Konflikte in den Sätzen zu beurteilen und im Falle eines Fehlers jenes Wort herauszufiltern, das eine Verletzung jener Selektionsbeschränkungen hervorruft. Sowohl die Entscheidung des Patienten über syntaktische Konflikte im Satz, als auch das im Fall einer Verletzung syntaktischer Selektionsbeschränkungen identifizierte Ablenkerwort wurde vom Therapeuten notiert.

### *c.) Experimentelle Bedingung 3:*

Bei der Darbietung der Lückentexte bestand die Aufgabe des Probanden darin, den vollständig gehörten Satz mit seiner visuellen, die Lücken abbildenden Vorlage zu vergleichen und die darin enthaltene Wortlücke/-lücken durch das gehörte Zielwort zu vervollständigen. Jegliche Reaktionen des Patienten wurden notiert und im Rahmen einer deskriptiven Fehleranalyse ausgewertet um mögliche Hinweise auf bestimmte Fehlermuster oder -typen zu erhalten und jene Beobachtung bei der Entwicklung des endgültigen Trainingsmaterials zu berücksichtigen.

## **5.4 DARBIETUNG DES UNTERSUCHUNGSMATERIALS**

In Anbetracht der Fragestellung der vorliegenden Arbeit war mit der Teilnahme von hörgeschädigten Patienten an der Studie zu rechnen, die entweder uni-, bilateral oder bimodal mit einem CI versorgt sind. Daher erfolgte die Darbietung der auditiven Stimuli in ruhiger Umgebung und einer Lautstärke von 65 dB unter Nutzung eines Aktivlautsprechers der Firma Mc Crypt, der in einem frontal positionierten Abstand von 50 cm positioniert wurden. Die Darbietung des AAST und AAST\_HF erfolgte an einem 15,4 Zoll Computerbildschirm unter

Nutzung desselben frontal positionierten Lautsprechers. Um zu vermeiden, dass einseitig mit einem CI versorgte Patienten den sprachlichen Input in der Trainingssituation mit dem gesunden Ohr „überhören“, wurde das dem CI kontralateral befindliche Ohr sowohl mit Oropax als auch mit einem Kopfhörer der Fa. Sennheiser verschlossen. Im Fall einer bimodalen Versorgung wurde durch das Ohrpassstück des Hörgeräts auf die Verwendung von Oropax verzichtet und das Ohr zusätzlich mit einem Kopfhörer verschlossen. Sowohl unter Anwendung von Oropax als auch des Ohrpassstücks und Kopfhörers konnte eine Reduktion des Hörvermögens von jeweils 60 dB erzielt werden.

Die visuellen Satzvorgaben für die jeweiligen Trainingsbedingungen wurden dem Patienten deutlich sichtbar vorgelegt, das Stimulusmaterial wurde von dem Sprecher/Therapeuten mit natürlicher Sprechgeschwindigkeit vorgesprochen. Im Rahmen der Trainingsbedingungen wurde das Mundbild des Therapeuten mit Hilfe eines schalldurchlässigen Sichtschutzes verdeckt um akustische Veränderungen des Sprachschalls und mögliche Leistungsveränderungen durch Lippenlesen zu vermeiden. Erfolgte eine inkorrekte Reaktion, so wurde die Übungsaufgabe unter Betonung des Zielwortes/der Zielwörter wiederholt bevor der Satz im Fall eines dritten, inkorrekten Versuchs aufgelöst wurde. Die visuellen Satzvorlagen wurden den Patienten in jeder Trainingsbedingung vor der auditiven Satzdarbietung vorgelegt um kontextspezifische top-down-Prozesse zu unterstützen. Die visuelle Präsentation des Satzes *nach* dessen mündlicher Vorgabe würde vermehrte auditive Gedächtnisleistungen erfordern, deren mögliche Einschränkungen nur schwer von Defiziten der Hörwahrnehmung zu unterscheiden wären. Auch von der gleichzeitigen Darbietung beider Modalitäten (auditiv/visuell) wurde Abstand genommen um zentral-exekutive Konflikte der Aufmerksamkeitsfokussierung zu vermeiden.

Der Untertest „Alertness“ aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP; Zimmermann & Fimm, 2002) zur Erfassung der Reaktionsfähigkeit erfolgte an einem 15,4 Zoll Bildschirm. Weitere klinische Kontrollvariablen wurden mit Fragebögen erfasst, die von den Patienten selbstständig ausgefüllt wurden (siehe Kap. 5.3.1.2). Die Untersucherin stand bei Rückfragen jederzeit zur Verfügung.

### 5.5 DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNG

Die Untersuchungen wurden im Zeitraum von Oktober 2012 bis August 2013 im Universitätsklinikum München-Großhadern und Bochum in der Abteilung für Hals-Nasen-

Ohrenheilkunde und in einer logopädischen Praxis in München in einem extra für die Zeit der Untersuchung zur Verfügung gestellten Raum durchgeführt. Ferner wurden die Patienten von den behandelnden Ärzten und Therapeuten an die Untersucherin verwiesen und nahmen nach Einwilligung freiwillig an der vorgesehenen Testung teil. Alle Untersuchungen begannen mit der Erfassung der klinischen Kontrollvariablen und entschieden über Teilnahme oder Ausschluss an der Studie. Jeder Proband wurde mündlich über den Verlauf der Untersuchung informiert und erhielt ausführliche mündliche und/oder schriftliche Instruktionen und Erläuterungen zu allen verwendeten Formularen, Fragebögen und Tests. Nach Erhebung und Pseudoanonymisierung der persönlichen Daten wurden die Patienten aufgefordert, die unterschiedlichen LPS 1,2 Testbögen (Horn, 1983) auszufüllen, welche die Grundlage für die zu erhebenden Kontrolldaten lieferten. Danach wurde die Reaktionsschnelligkeit anhand der Alertness-Aufgabe aus der TAP (Zimmermann & Fimm, 2002) erfasst. Vor Beginn des zur Auswertung herangezogenen Haupttests wurde die Zielsetzung und Durchführung der Testsequenz anhand eines kurzen Vortests erläutert und geübt. Im Anschluss an die Erfassung der Kontrollvariablen wurden die Ergebnisse analysiert und interpretiert und ließen bei Werten im Normbereich eine Teilnahme an der weiterführenden Studie zu. Den Beginn der Experimentalreihe bildete in jeder Untersuchungsdurchführung die Überprüfung des auditiven Wortverstehens mit Hilfe des AAST und AAST\_HF (Coninx, 2005).

Im Rahmen der Studie wurde jede Verfahrensbedingung über einen Zeitraum von 6 Therapieeinheiten bzw. Wochen angewendet und in direktem Anschluss an die Beendigung jeder methodenspezifischen Übungsreihe von 6 Therapieeinheiten (TE) durch eine sprachaudiometrische Diagnostik zur Dokumentation des auditiven Sprachverstehens ergänzt. Die Untersuchung der Patienten wurde ausschließlich von einer Fachkraft (Therapeut/Audiologe/Ingenieur) oder der Autorin der vorliegenden Arbeit durchgeführt. Dabei wurde darauf geachtet, dass jedem Patienten zu allen Testzeitpunkten derselbe Untersucher zugeteilt wurde. Neben den sprachaudiometrischen Tests wurde jede dritte Therapieeinheit unter Anwendung der spezifischen Trainingsmethoden in der Klinik oder logopädischen Praxis durchgeführt. Alle weiteren Therapiesitzungen fanden im häuslichen Umfeld unter vorheriger, detaillierter Übungsanleitung statt. Ferner fungierte im Rahmen der häuslichen Übungssequenz der Ehe- oder Lebenspartner, Angehörige oder Freunde als Sprecher. Es wurde darauf hingewiesen, dass jeweils der gleiche Sprecher zur auditiven Darbietung des Satzmaterials herangezogen wird um geringere Trainingseffekte auf Grund wechselnder Sprecherwahl auszuschließen. Es ergibt sich folgende Terminverteilung:

- a) 7 Trainingseinheiten in der Klinik (incl. 4 Testzeitpunkte)
- b) 12 Trainingseinheiten zu Hause

Um die häuslichen Übungseinheiten der Patienten nach für die Studie relevanten Bedingungsfaktoren kontrollieren zu können, wurden die Patienten bei jeder Trainingsstunde in der Klinik mittels eines Fragebogens bezüglich zusätzlicher Hörübungen, Dauer des Trainings und Art der hinzugezogenen Repairstrategie befragt (siehe Anhang D). Ferner sollten jene Daten in die Auswertung miteinbezogen werden um sicherzugehen, dass die Homogenität der Patientengruppen für die drei Trainingsgruppen gewährleistet war.

### 5.6 UNTERSUCHUNGSDESIGN

Bei der geplanten Studie handelte es sich um eine multizentrische Gruppenstudie, die längsschnittlich angelegt war. Ferner wurden die Daten der jeweiligen Probanden zu mehreren Zeitpunkten am Universitätsklinikum Großhadern, München und Bochum sowie in der logopädischen Praxis erhoben. Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen wurden sodann im Sinne eines unabhängigen „between groups designs“ sowohl im Intra- als auch im Intergruppenvergleich verglichen. Ferner konnten die Ergebnisse im Sinne eines 4 x 3 faktoriellen, balancierten Cross-Over-Designs mit dem unabhängigen Faktor „Zeitpunkt“ (Vortest, Zwischentest 1, Zwischentest 2, Nachtest) und dem Messwiederholungsfaktor „Aufgabe“ der drei Hörtrainingsverfahren (Semantik, Morpho-Syntax, Lückensätze) für jede Gruppe interpretiert werden. Innerhalb des explorativen Studiendesigns wurde die zeitliche Abfolge der Methodenanwendung an die zu überprüfende Trainingsmethode in Abhängigkeit der Stimulusdarbietung angeglichen. Bei drei unterschiedlichen Verfahren (Semantik, Morpho-Syntax, Lückensätze) ergibt sich eine Anzahl von  $2^3$  (8) möglichen Kombinationen, die Reihenfolge der Verfahrensabläufe zu variieren. Um mögliche Abfolgeeffekte auszuschließen, die Wirksamkeit der Therapieverfahren in allen möglichen Anwendungskombinationen vergleichen zu können und das Studiendesign optimal zu balancieren, wurde die Reihenfolge der Übungsanordnung der drei Untersuchungscluster bei jeweils  $n=7$  Patienten variiert. Eine grafische Darstellung des explorativen Crossover-Designs im Längsschnittverlauf findet sich in Abbildung 16 (Kap. 6.3, S. 114).

Eine Anwendung der Trainingsmethoden über eine Dauer von 6 Sitzungen pro Verfahren ergab eine Anzahl von insgesamt 18 Therapieeinheiten. Pro Trainingseinheit wurde eine zeitliche Dauer von max. 0,5 Stunden veranschlagt. Hierzu wurden Patiententripel gebildet,

die hinsichtlich der Faktoren Alter, Höralter und Versorgungsmodus angeglichen wurden – lediglich die Gruppenzugehörigkeit wurde per Zufallsmechanismus (Würfeln) bestimmt (siehe auch Kap. 5.1). Der Gesamtscore des HSM-Satztests kann Werte zwischen 0 und 100 Prozent annehmen. Um das Auftreten möglicher Deckeneffekte zu nivellieren, wurde eine Begrenzung korrekt verstandener Wörter im HSM-Satztest zu Studienbeginn auf 80% vorgenommen. In Anlehnung an die definierten Ein- und Ausschlusskriterien wurde eine CI-Tragedauer von Minimum 2 und Maximum 9 Monaten nach Audioprozessoranpassung zur Studieninklusion festgelegt. Ferner wurde die Dauer der CI-Nutzung in drei Gruppen kategorisiert: 2-4, 4-6 und 6-9 Monate. Jene Einteilung des HSM-Gesamtscores und der CI-Tragedauer in definierte Subgruppen erfolgte nach eigenem Ermessen und erleichterte eine Klassifizierung bei der Erstellung der Patiententripel. Der Vergleich mit Daten nicht an dem Training teilnehmender Probanden wird durch eine Kontrollgruppe von ebenfalls 14 Personen gewährleistet, die sowohl nach Höralter und Versorgungsart und –modus an die Trainingsgruppe angeglichen wurden. Jene Kontrollgruppe durchläuft sowohl das standardmäßige Hörtrainingsprogramm der Klinik bzw. logopädischen Praxis sowie die regelmäßigen Kontrolltermine zur Anpassung des Audioprozessors, wird aber an der Teilnahme der zu evaluierenden Hörtrainingssitzungen ausgeschlossen.

Die erfassten **abhängigen Variablen (AV)** stellen die *Richtigkeit* der Antworten der Versuchspersonen zu allen Zwischen- und Nachtests dar. Testwert für jede Versuchsperson im Rahmen des HSM-Satztests ist hier das auditive Sprachverstehen gemessen in Prozent. Zudem wurden Protokolldateien mit allen Daten zu Richtigkeit der Antworten, Auslassungen, Fehlreaktionen und gegebenenfalls Reaktionsgeschwindigkeit angelegt. **Unabhängige Variable (UV) (between-Faktor)** bildete in diesem Zusammenhang die durch den HSM-Gesamtscore, das Alter und die CI-Tragedauer festgelegte Zugehörigkeit zu Trainingsgruppe A, B oder C bzw. die zweifach gestufte, durch Würfelwurf festgelegte Randomisierung (**within-Faktor**), welche die Zugehörigkeit zu Trainingssubgruppe 1 oder 2 erlaubte.

### 5.7 STATISTISCHE ANALYSEN

Die Auswertung des gesamten Datensatzes erfolgt mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS (Version 19.0, IBM Armonik, New York). Grafiken und Tabellen hingegen werden in Microsoft Office Excel 2010 (<http://www.microsoft.com>) konvertiert und dargestellt. Die statistische Analyse der vorliegenden experimentellen Untersuchungen erfordert eine Testung

der Hypothesen über Erwartungswerte zweier unabhängiger Stichproben. Die Überprüfung der Verteilungsform auf Normalverteilung erfolgt mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests; der Levene-Test überprüft die Daten auf Varianzhomogenität. Eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung besteht per definitionem bei  $p \leq 0.05$ . Entsprechend bedingt die explorative Beschreibung der Leistungsunterschiede in Tests zum auditiven Sprachverstehen (HSM-Satztest, AAST, AAST\_HF) zwischen den Trainingsgruppen aber auch im Vergleich zwischen Trainings- und Kontrollgruppe respektive den drei unterschiedlichen Trainingsmethoden eine Datenanalyse mittels des parametrischen Student's T-test, sofern die Annahme einer Normalverteilung bestätigt wird. Liegt keine Normalverteilung vor, kann als Ersatz für den T-test der nicht-parametrische Mann-Whitney-U-Test (Wilcoxon) angewendet werden. Aufgrund der bestehenden a priori-Hypothesen, welche Leistungsveränderungen im Trainingsverlauf abbilden, wird hier zweiseitig getestet, d.h. der ermittelte p-Wert bildet sowohl Leistungsverbesserungen als auch Leistungsabnahmen ab. Zusätzlich können die sprachaudiometrischen Untersuchungen hinsichtlich des Faktors „mit/ohne Störgeräusch“ bzw. hinsichtlich der verwendeten Testmodalität „HSM-Satztest/AAST“ unterschieden werden. Die statistische Analyse der Ergebnisse verschiedener Trainingsgruppen erfordert eine Wahrscheinlichkeitsberechnung mittels des Mann-Whitney-U-Tests.

Zudem kann der Einfluss des Hörtrainings auf das auditive Sprachverstehen im Trainingsverlauf beobachtet und eine Veränderung dessen überprüft werden. Die statistische Analyse der Ergebnisse im Zeitverlauf erfordert eine Wahrscheinlichkeitsberechnung mit der Varianzanalyse mit Messwiederholung (*repeated measure* ANOVA = RM ANOVA) mit dem unabhängigen Messwiederholungsfaktor „Zeit“ der vier Testzeitpunkte ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ). Liegt keine Normalverteilung vor, wird als Ersatz für die ANOVA dem Allgemeinen Linearen Modell (GLM) der Vorzug gegeben. Bei einem signifikanten Ergebnis werden anschließend paarweise Vergleiche (T-Test bei verbundenen Stichproben) zwischen den einzelnen Testintervallen berechnet. Die Anwendung dieses Verfahrens dient somit der Ermittlung möglicher Gruppeneffekte bzw. der Ermittlung von Interaktionen zwischen Gruppen und/oder Aufgabenbedingungen. In Anbetracht der großen Altersrange in den jeweiligen Stichproben werden altersnormierte T-Werte zur Berechnung modalitätsspezifischer Leistungsdifferenzen verwendet. Entsprechend üblicher Konvention werden Effekte, deren  $\alpha$ -Fehler-Wahrscheinlichkeit kleiner als 5% bzw. 1% ist, als signifikant bzw. hochsignifikant bezeichnet. Die in den Tabellen dargestellten Ergebnisse sind gerundet.

## 6. ERGEBNISSE

Die Analyse der ermittelten Daten liefert eine Menge an quantitativen Daten, welche im folgenden Kapitel detailliert betrachtet werden sollen. Dabei wird sich an der Fragestellung und den aufgestellten Hypothesen der Studie orientiert um eine Überprüfung dieser zu gewährleisten. Zunächst werden die Daten der gewählten Patientenkollektive vorgestellt und mit denen der Kontrollgruppe verglichen. Weiter wird ein Gruppenvergleich zwischen Trainings- und Kontrollgruppe hinsichtlich ihrer Leistungen in den sprachaudiometrischen Tests nach durchzuführendem Trainingsverfahren vorgenommen und erörtert. Ein Vergleich der Ergebnisse zwischen den drei Trainingssubgruppen beschließt die Datenanalyse und dient der Überprüfung der Fragestellung nach verfahrensspezifischen Leistungsunterschieden.

### 6.1 SOZIODEMOGRAFISCHE VERTEILUNG INNERHALB DER PATIENTENSTICHPROBE

Der Vergleich der Daten zwischen den Trainingsgruppen ( $N=42$ ) wurde durch die Bildung von matched-triples gewährleistet, die sowohl nach Alter, CI-Tragedauer und Versorgungsmodus angeglichen wurden. Um der Frage nachgehen zu können, inwieweit mögliche Leistungsveränderungen im auditiven Sprachverständnis auf die erprobten Hörtrainingsverfahren zurückzuführen sind, wurden die Daten einer Kontrollgruppe als Vergleichsmaßstab herangezogen, die ebenfalls gemäß Alter, CI-Tragedauer (Höralter) und Versorgungsmodus an die Trainingsgruppe angeglichen wurden.<sup>19</sup>

*Tab. 8: Soziodemografische Beschreibung der Trainings- und Kontrollgruppe im Mittel.*

	Trainingsgruppe A <i>n=14</i>	Trainingsgruppe B <i>n=14</i>	Trainingsgruppe C <i>n=14</i>	Kontrollgruppe <i>n=14</i>
<b>Alter (LJ)</b>				
MW (SD)	59,14 (17,84)	60,07(16,81)	59,71(15,53)	57,5 (15,91)
Min./ Max.	22-75	20-76	23-72	23-75
<b>Höralter (Monate)</b>				
MW (SD)	7,79	7,79	6,43	-
Min./ Max.	3-12	1-12	3-12	
<b>Versorgung</b>				
Unilateral	21,4% (n=3)	7,1% (n=1)	35,7% (n=5)	57,1% (n=6)
Bilateral	35,7% (n=5)	0% (n=0)	7,1% (n=2)	21,4% (n=3)
bimodal	57,1% (n=6)	92,9% (n=13)	57,2% (n=7)	35,7% (n=5)

<sup>19</sup> Eine detaillierte Darstellung der einzelnen Trainingstriples findet sich in Anhang F.

Die Altersverteilung in Gruppe 1 reichte von 22 bis 75 Jahren mit einem Mittelwert von 59,14 (*SD*:17,84) Jahren. In Gruppe 2 konnte ein Durchschnittsalter von 60,07 (*SD*:16,81) Jahren dokumentiert werden, das einer Altersspanne von 20 bis 76 Jahren unterlag. Die Altersverteilung in Gruppe 3 reichte von 23 bis 72 Jahren mit einem Mittelwert von 59,71 (*SD*:15,53) Jahren. Die Kontrollgruppe wies Durchschnittsalter von 57,5 (*SD*:15,91) Jahren auf, das eine Altersspanne von 23 bis 75 Jahren widerspiegelte. Unter Anwendung des parametrischen t-Tests konnte ein statistisch signifikanter Altersunterschied zwischen den Subgruppen ausgeschlossen werden. Die Überprüfung der Versorgungsmodi zwischen den Gruppen mittels Mann-Whitney-U-Test schloss signifikante, die Testleistungen beeinflussende Differenzen nicht aus. Eine Gleichverteilung des Geschlechts findet an dieser Stelle keine Berücksichtigung. Eine zusammenfassende Darstellung aller Trainings- und Kontrollgruppendaten findet sich in den Anhängen G und H.

### 6.2 ERGEBNISSE DER BEGLEITDIAGNOSTISCHEN UNTERSUCHUNGSVERFAHREN

Zur Vermeidung möglicher Beeinflussungen der Untersuchungsergebnisse durch potentielle Störvariablen wurden die Parameter Wortschatz und logisch-abstraktes Denken sowie intrinsische und phasische Aufmerksamkeit zur Kontrolle erfasst. Ferner erfolgte die Bewertung des Allgemeinwissens, der Rechtschreibkenntnisse und des Wortschatzes mit Hilfe des LPS 1 und 2 (Horn, 1983). Die Erfassung der Aufmerksamkeit erfolgte anhand des Untertests ‚Alertness‘ aus der TAP (Zimmermann & Fimm, 2002).

Zur Beurteilung der Ergebnisse im LPS 1, 2 wurden die Rohwerte der jeweiligen Untertests ermittelt und in die statistische Datenanalyse einbezogen. Weiter wurden die Rohsummenwerte aus LPS 1 und 2 gemäß den Auswertungsrichtlinien des LPS zu einem Summenwert zusammengefasst und die entsprechenden T-Werte aus den Normtabellen ermittelt. Eine Ermittlung möglicher Ausreißer unter- und oberhalb der Normwertgrenzen von  $T \leq 40$  und  $T \geq 60$  zeigte, dass jeweils 2 Trainings- und Kontrollpersonen in LPS 1+2 einen T-Wert  $\geq 60$  erreichten; Ausreißer unterhalb der Normwertgrenze konnten nicht beobachtet werden. Trotz vorhandener nominal skalierten T-Werte wurde den metrisch skalierten Rohwerten der Vorzug gegeben um die höchstmögliche statistische Güte zu gewährleisten. Die Überprüfung der Verteilungsform mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test bestätigte die Normalverteilung der Variablen. In der statistischen Datenanalyse ergaben sich im t-Test für unabhängige Stichproben keine signifikanten Unterschiede zwischen Trainings- und

Kontrollgruppe im Bereich des verbalen und logisch-abstrakten Denkvermögens. Auch der Vergleich der drei Trainingsgruppen schloss signifikante Leistungsunterschiede aus. Ferner konnten, die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse in den sprachbasierten Trainingsverfahren beeinflussende Leistungsunterschiede zwischen den Trainingsgruppen und der Trainings- und Kontrollgruppe ausgeschlossen werden.

Bei der Analyse der Ergebnisse in der Aufmerksamkeitsuntersuchung wurde eine Unterscheidung zwischen den beiden Testbedingungen „mit/ohne Warnton“ vorgenommen. Die Überprüfung der Mittelwerte bestätigte eine vorliegende Normalverteilung der Variablen sowohl in den Untersuchungsblöcken mit als auch ohne Warnsignal. Der Vergleich der Daten zwischen Trainings- und Kontrollgruppe mit dem t-Test für unabhängige Stichproben zeigte, dass die Reaktionszeiten der Patienten sowohl ohne Ton als auch in Erwartung des visuellen Reizes mit Ton im Normbereich liegen.

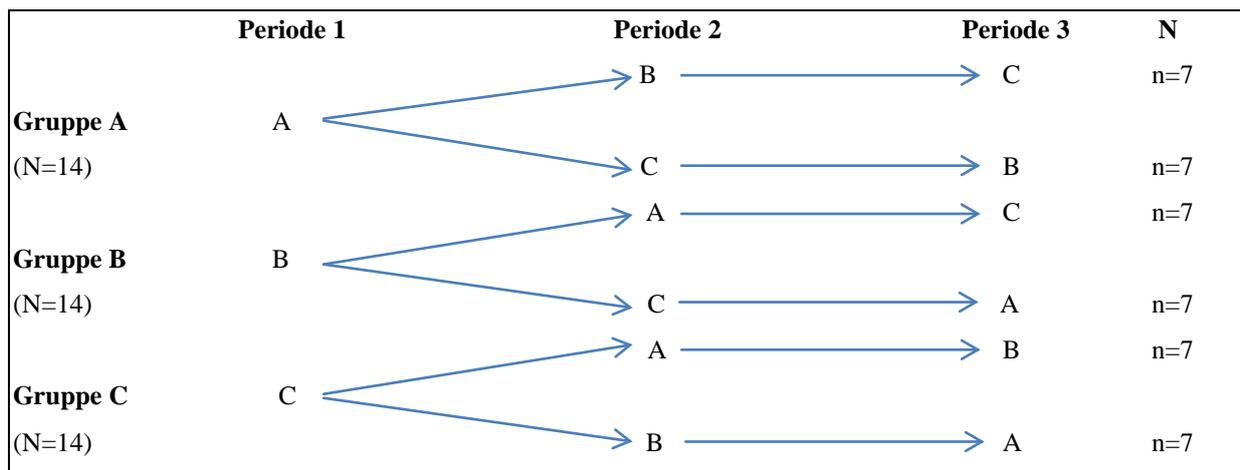
**Tab. 9: Tabellarische Übersicht der begleitdiagnostischen Testergebnisse.** Die Darstellung in der Tabelle bestätigt, dass keine signifikanten Leistungsdifferenzen zwischen den Trainingsgruppen vorliegen, welche in den folgenden Berechnungen Berücksichtigung finden müssten.

	Trainingsgruppe A <i>n=14</i>	Trainingsgruppe B <i>n=14</i>	Trainingsgruppe C <i>n=14</i>	Kontrollgruppe <i>n=14</i>
LPS 1+2 (RW) M (SD)	48,9 (7,89)	49,3 (12,67)	49,4 (9,97)	49,2 (6,44)
	<i>n=3</i>	<i>n=2</i>	<i>n=3</i>	<i>n=2</i>
Reaktionszeiten <sup>20</sup> (Mediane) (ms)				
ohne Warnton MW (SD)	223,13 (40,50)	221,00 (85,04)	221,93 (67,50)	221,07 (30,17)
mit Warnton MW (SD)	226,25 (26,11)	225,86 (54,77)	228,33 (45,89)	225,93 (29,19)
SD (Mediane)				
ohne Warnton MW (SD)	46,87 (15,87)	47,87 (17,77)	46,63 (8,96)	47,86 (20,39)

<sup>20</sup> Die TAP wurden lediglich bei jenen Patienten durchgeführt, bei welchen nach Rücksprache mit dem Arzt oder durch Hinweise in der Krankenakte eine mögliche Störung der Aufmerksamkeit vorzuliegen schien.

### 6.3 AUDITIVES SPRACHVERSTEHEN: GRUPPENVERGLEICH

Die A-priori-Hypothese für den Datenvergleich zwischen Trainings- und Kontrollgruppe vermutete bessere Ergebnisse der Trainingsgruppen in nahezu allen sprachaudiometrischen Untersuchungen. Um diese Vermutung zu verifizieren, wurde der nicht-parametrische Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Verteilungen durchgeführt, der die Leistungen der drei Trainingsgruppen<sup>21</sup> (A, B, C vs. Kontrollen) im Vor- und Nachtest miteinander vergleicht.



*Abb. 16: Grafische Darstellung des explorativen Crossover-Designs im Längsschnittverlauf. Um die Wirksamkeit der Therapieverfahren in allen möglichen Anwendungskombinationen vergleichen zu können, wurde die Reihenfolge der drei Untersuchungscluster bei jeweils n=7 Patienten variiert.*

Daraus ergab sich ein signifikanter Leistungsanstieg in allen Trainingsgruppen nach Durchführung des auditiven Trainings. Die Resultate bestätigten den vermuteten positiven Zusammenhang zwischen Lebensalter und auditivem Sprachverstehen. Die im Gruppenvergleich verworfene Abhängigkeit von der Versorgungsart konnte für die Korrelation mit dem Höralter nicht aufrechterhalten werden. Ferner wurden die Patientendaten in Abhängigkeit der jeweiligen Trainingsmethoden getrennt voneinander betrachtet und im Nachhinein mittels multivariater Varianzanalysen (MANOVA) untersucht.

Die folgende Analyse untergliedert die Untersuchung in zwei Aufgabenstellungen, die sich hinsichtlich des Faktors „mit/ohne Störgeräusch“ unterscheiden. Ferner sollen beide Aufgabenbedingungen getrennt voneinander betrachtet und statistisch analysiert werden. Zur Analyse wurden die Daten des HSM-Satztests aus dem Nachtest herangezogen. Eine detaillierte Übersicht aller Prozentwerte im HSM-Satztest in Ruhe und im Störgeräusch zu den unterschiedlichen Testzeitpunkten findet sich in Anhang G.

<sup>21</sup> Die in Folgenden als Gruppe A, B und C titlierten Trainingsgruppen geben jeweils an, mit welchem Training die jeweilige Gruppe das Training begonnen hat.

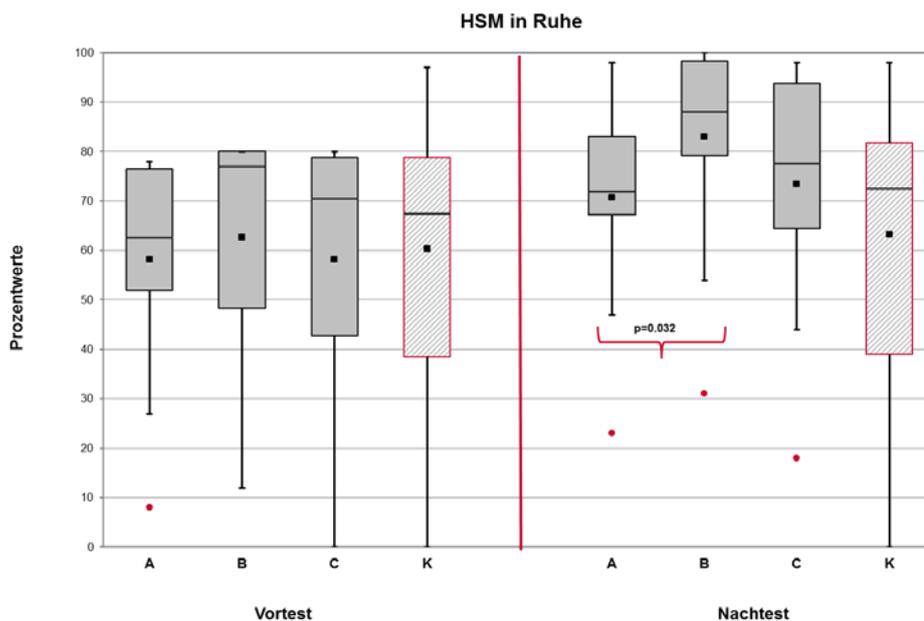
### 6.3.1 AUDITIVES SPRACHVERSTEHEN IN RUHE

Als Indikator für die sprachaudiometrische Untersuchung in Ruhe (aud\_quiet) wurden die maximalen Prozentwerte der korrekt reproduzierten Wörter aus dem HSM-Satztest (Hochmair et al., 1997) gewertet und in die statistische Analyse einbezogen. Die Anwendung des HSM-Satztests wurde zu allen Testzeitpunkten durch die Anwendung einer Übungsliste, zweier Testlisten in Ruhe und zweier Testlisten im Störgeräusch operationalisiert. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Prozentwerte der Übungslisten nicht in die Berechnung eingeflossen sind.

Für die Bedingung „in Ruhe“ handelte es sich um jeweils einen Durchgang von zwei Testlisten in Ruhe, die jeweils 106 Wörtern pro Liste beinhalteten. Ferner entspricht die Gesamtzahl von maximal 100 erreichbaren Prozentpunkten einem Absolutwert von 212 korrekt reproduzierten Wörtern. Die Überprüfung der Verteilungsform mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test widerlegte das Vorliegen einer Normalverteilung und erlaubte eine Überprüfung der Variablen mittels Mann-Whitney U-Test. Bei einem zweiseitigen Signifikanzniveau von  $\alpha < 0.05$  zeigt der Datenvergleich einen signifikanten Unterschied zwischen Trainingsgruppe A und Methode B im Nachtest ( $p=0.032$ ). Demnach erzielte Trainingsgruppe B hier höhere Werte, als Gruppe A.

115

#### Gruppenvergleich für das auditive Sprachverstehen in Ruhe (aud\_quiet)



**Abb. 17: Grafische Darstellung der Resultate im HSM-Satztest in Ruhe.** Resultate des Mittelwertvergleichs für den HSM-Satztest (gemessen in dB) in Ruhe im Vor- und Nachtest. Auf Seiten der Trainingsgruppe zeigen sich deutlich bessere Leistungen als bei der Kontrollgruppe. Bei einem zweiseitigen Signifikanzniveau von  $\alpha < 0.05$  zeigt der Datenvergleich einen signifikanten Unterschied zwischen Gruppe A und Gruppe B im Nachtest ( $p=0.032$ ). Trainingsgruppe B wies allerdings bereits im Vortest bessere Ausgangsleistungen auf.\*

An dieser Stelle sei allerdings darauf hingewiesen, dass die Ausgangswerte der Trainingsgruppe B im HSM-Satztest bereits im Vortest höher waren, als die der Trainingsgruppe A. Weitere signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen im Vor- und Nachtest konnten statistisch nicht nachgewiesen werden.

Der statistische Datenvergleich der Werte der Kontrollgruppe im Vor- und Nachtest schloss signifikante Leistungsveränderungen aus. Zwar wurden bei den Werten im Nachtest im Mittel geringfügig höhere Werte erzielt; der Unterschied war jedoch anhand des Ergebnisses des parametrischen „Tests bei gepaarten Stichproben“ nicht signifikant ( $p=0.249$ ). Mit dem parametrischen „Test für unabhängige Stichproben“ wurde zudem überprüft, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen der Trainings- ( $N=42$ ) und der Kontrollgruppe ( $N=14$ ) in Bezug auf das auditive Sprachverstehen gibt. Bei der Trainingsgruppe wurden die Daten aus dem Nachtest zum Vergleich der 2. Testung der Kontrollgruppe analysiert, da dies einem homogenen zeitlichen Abstand von 7 Wochen entsprach. Für den HSM-Satztest in Ruhe zeigte sich eine Tendenz zum signifikanten Unterschied zwischen der Trainings- und der Kontrollgruppe ( $p=0.086$ ). Die Trainingsgruppe erzielte im Mittel höhere Werte. Die differenzierten Daten zur Gruppenstatistik sind in Anhang G aufgeführt.

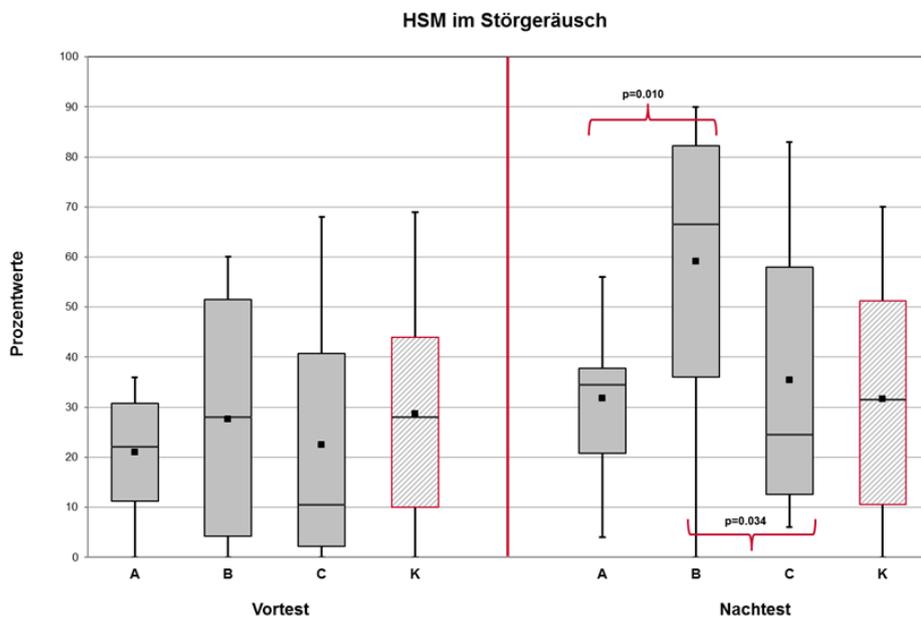
### 6.3.2 *AUDITIVES SPRACHVERSTEHEN IM STÖRGERÄUSCH*

Die Überprüfung des auditiven Sprachverständnis im Störgeräusch (aud\_noise) mittels Analyse der Prozentwerte aus dem HSM-Satztest (ebd.) demonstriert eine positive Veränderung der Leistungen von Vor- zu Nachtest in allen Trainingsgruppen. Auch hier handelte es sich um jeweils einen Durchgang von zwei Testlisten im Störgeräusch, die jeweils 106 Wörter pro Liste beinhalteten. Ferner ergibt sich eine Gesamtzahl von maximal 100 erreichbaren Prozentpunkten, welche einem Absolutwert von 212 korrekt reproduzierten Wörtern entspricht. Die Überprüfung der jeweiligen Datensätze auf Normalverteilung erlaubt die Anwendung des Mann-Whitney U-Tests zur Ermittlung von Leistungsunterschieden zwischen den Trainingsgruppen. Es lassen sich signifikante Leistungsunterschiede ( $p=0.010$ ) für die HSM-Werte im Störgeräusch zwischen Gruppe A und B nachweisen. Zudem zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Methode B und C beim Vergleich der Daten.

Die Betrachtung der Daten in der Kontrollgruppe widerlegt signifikante Leistungsveränderungen von Vor- zu Nachtest. Zwar wurden im Mittel etwas höhere Werte beim HSM in Ruhe erzielt; der Unterschied war jedoch anhand des Ergebnisses des parametrischen

„Tests bei gepaarten Stichproben“ nicht signifikant ( $p=0.272$ ). Mit dem parametrischen „Test für unabhängige Stichproben“ wurde zudem überprüft, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen der Trainings- ( $N=42$ ) und der Kontrollgruppe ( $N=14$ ) in Bezug auf das auditive Sprachverstehen im Störgeräusch gibt. Auch hier wurden für die Trainingsgruppe die Daten aus dem Nachtest zum Vergleich der 2. Testung der Kontrollgruppe analysiert. Für den HSM-Satztest im Störgeräusch zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0.200$ ) zwischen der Trainings- und der Kontrollgruppe. Die Trainingsgruppe erzielte im Mittel etwas höhere Werte. Die differenzierten Daten zur Gruppenstatistik sind in Anhang I aufgeführt.

### Gruppenvergleich für das auditive Sprachverstehen im Störgeräusch (aud\_noise)



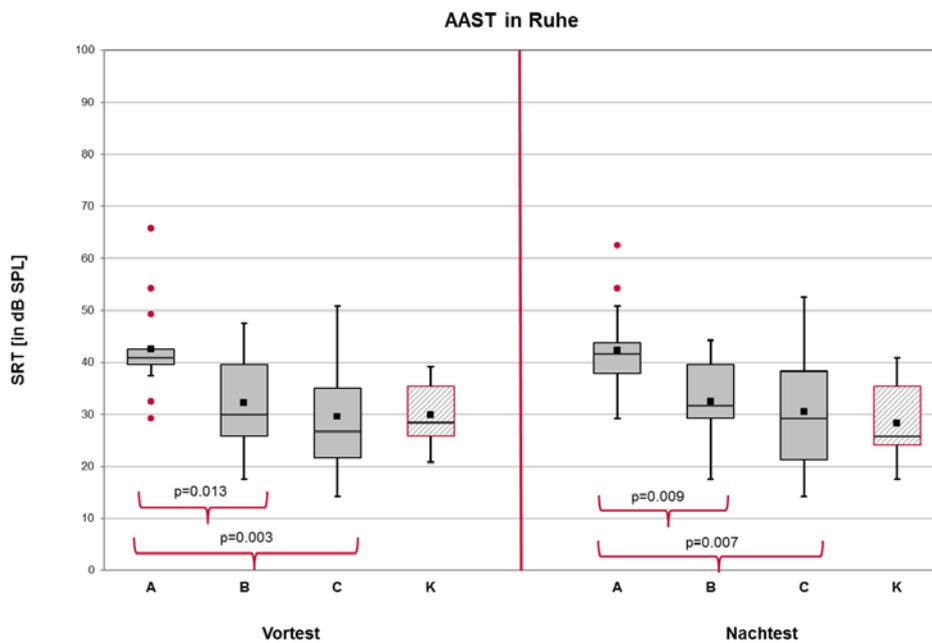
**Abb. 18: Grafische Darstellung der Resultate im HSM-Satztest im Störgeräusch.** Resultate des Mittelwertvergleichs für den HSM-Satztest (gemessen in dB) im Störgeräusch im Vor- und Nachtest. Auf Seiten der Trainingsgruppe zeigen sich deutlich bessere Leistungen als bei der Kontrollgruppe. Es lassen sich signifikante Leistungsunterschiede ( $p=0.010$ ) für die HSM-Werte im Störgeräusch zwischen Gruppe A und B nachweisen. Zudem zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe B und C.\*

### **6.3.3 SPEECH RECOGNITION THRESHOLD**

Um eine regelmäßige Überprüfung des Speech Recognition Thresholds (SRT) zu gewährleisten und auszuschließen, dass mögliche Veränderungen des auditiven Sprachverstehens ausschließlich auf Veränderungen der Audioprozessoreinstellungen zurückzuführen sind, wurde der softwarebasierte Adaptive Auditive Sprachtest (AAST) (Coninx, 2005) als sprachaudiometrisches Testverfahren herangezogen. Ein konstanter SRT-Wert im Trainingsverlauf bestätigte, dass sich Leistungszunahmen des auditiven Sprachverstehens auf das Hörtraining zurückführen ließen und nicht in Zusammenhang mit einer veränderten Einstellung des Audioprozessors zu betrachten sind. Analog den Aufgabenstellungen zur Untersuchung des auditiven Sprachverständnis untergliederte sich auch die Überprüfung des SRT-Wertes hinsichtlich des Faktors „mit/ohne Störgeräusch“ in zwei Bedingungen, sowie der Bedingung „hochfrequente“ Laute. Ferner sollen die drei Aufgabenbedingungen getrennt voneinander betrachtet und statistisch analysiert werden. Eine Übersicht aller AAST-Werte findet sich in Anhang H.

#### **ADAPTIV AUDITIVER SPRACHTEST IN RUHE**

Die SRT-Werte der Trainingsgruppen in Ruhe (SRT<sub>quiet</sub>) wurden getrennt voneinander betrachtet um mögliche Veränderungen des Schwellenwertes für jede Untergruppe untersuchen und gegebenenfalls herausfiltern zu können. Die Analyse der Daten mittels RM ANOVA ermöglichte den Vergleich der Daten zu jedem Testzeitpunkt. Die Ergebnisse der RM ANOVA für die Trainingsgruppe, welche mit Training A begonnen hat, zeigten keine signifikante Veränderungen zwischen den einzelnen Testungen ( $F(3, 39) = 1.455$ ;  $p=0.242$ ). Für Gruppe B können ebenfalls keine Veränderungen des SRT-Wertes nachgewiesen werden ( $F(3, 39) = 0.184$ ;  $p=0.906$ ). Die Analysen der Werte für Gruppe C schließen sich den vorherigen Datensätzen an. Zwar können hier geringe Veränderungen des SRT-Wertes beobachtet werden ( $F(3, 39) = 4.801$ ;  $p=0.006$ ), bei genauer Betrachtung der Einzelwerte wird jedoch ersichtlich, dass diese Abweichungen noch im vorher definierten Toleranzbereich von  $\pm 5$  dB liegen. Für die Kontrollgruppe wurden im Vortest (mean=29.9%; SD=5.99%) im Mittel höhere Werte beim AAST in Ruhe erzielt als beim Nachttest (mean=28.2%; SD=7.15%); der Unterschied war anhand des Ergebnisses des parametrischen „Tests bei gepaarten Stichproben“ signifikant ( $p=0.048$ ).

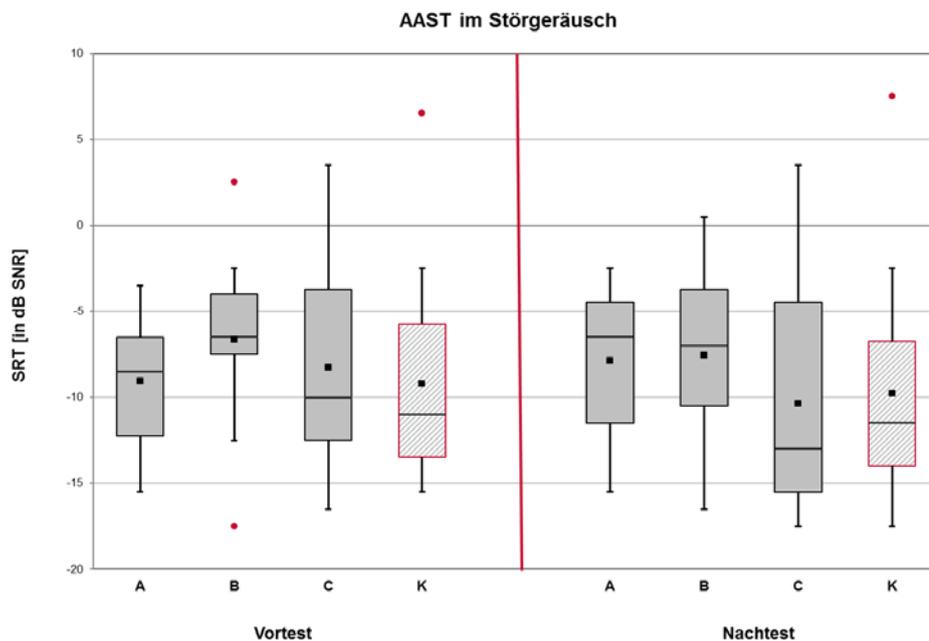
Gruppenvergleich für den Schwellenwert in Ruhe (SRT<sub>quiet</sub>)

**Abb. 19: Grafische Darstellung der Schwellenwerte im AAST in Ruhe** Resultate des Mittelwertvergleichs für den AAST (in Ruhe) (gemessen in dB SPL) im Vortest und Nachtest. Sowohl für die drei Trainings- als auch für die Kontrollgruppe können keine statistisch signifikanten Veränderungen der Schwellenwerte im Studienverlauf nachgewiesen werden.\*

## ADAPTIV AUDITIVER SPRACHTEST IM STÖRGERÄUSCH

Analog zu der vorangegangenen Auswertung werden die SRT-Werte der Trainingsgruppen im Störgeräusch (SRT<sub>noise</sub>) im Folgenden getrennt voneinander betrachtet und mittels RM ANOVA auf signifikante Unterschiede überprüft. Die Ergebnisse der RM ANOVA für die Trainingsgruppe A zeigten keine signifikante Veränderung zwischen den einzelnen Testungen ( $F(3, 39) = 1.060$ ;  $p=0.377$ ). Für Gruppe B können ebenfalls keine Veränderungen des SRT-Wertes nachgewiesen werden ( $F(3, 39) = 0.338$ ;  $p=0.798$ ). Die Analysen der Werte für Gruppe C bestätigen die Hypothese gleichbleibender SRT-Werte im Trainingsverlauf ( $F(2, 26) = 0.167$ ;  $p=0.847$ ). Für die Kontrollgruppe wurden im Vortest (mean=9.2 dB; SD=6.27 dB) ähnliche Werte im AAST im Störgeräusch erzielt wie im Nachtest (mean=9.8 dB; SD=6.61 dB). Eine Überprüfung der Werte mit dem parametrischen „Tests bei gepaarten Stichproben“ bestätigte, dass kein signifikanter Unterschied vorliegt ( $p=0.192$ ). Die Verbesserungen im HSM-Satztest von Vor- zu Nachtest im Studienverlauf können sowohl für den AAST in Ruhe als auch im Störgeräusch nicht fortgesetzt werden.

### Gruppenvergleich für den Schwellenwert im Störgeräusch (SRT\_noise)

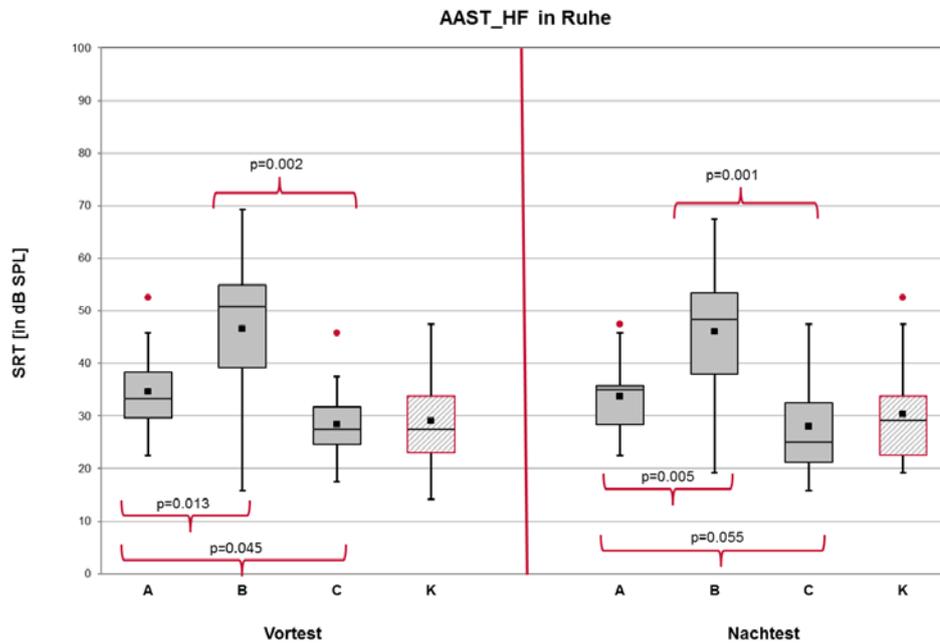


**Abb. 20: Grafische Darstellung der Schwellenwerte im AAST im Störgeräusch** Resultate des Mittelwertvergleichs für den AAST (im Störgeräusch) (gemessen in dB SNR) im Vortest und Nachttest. Sowohl für die drei Trainings- als auch für die Kontrollgruppe können keine statistisch signifikanten Veränderungen der Schwellenwerte im Studienverlauf nachgewiesen werden.\*

#### ADAPTIV AUDITIVER SPRACHTEST FÜR HOCHFREQUENTE LAUTE

Die Ergebnisse der RM ANOVA zeigten für Trainingsgruppe A keine signifikanten Veränderungen des SRT-Wertes für hochfrequente Laute (SRT\_HF\_quiet) im Studienverlauf ( $F(3, 39) = 0.429$ ;  $p=0.733$ ) und zwischen den einzelnen Testungen. Für Trainingsgruppe B zeigte die RM ANOVA eine Tendenz zur signifikanten Veränderung ( $F(3, 39) = 2.636$ ;  $p=0.063$ ), jedoch nicht zwischen den einzelnen Testungen. Wenn bei *Trainingsgruppe B* eine Veränderung über die Zeit ohne dem Vortest berechnet wird, bleibt das Ergebnis über die Zeit signifikant ( $F(2, 26) = 3.722$ ;  $p=0.038$ ). Hier zeigte sich dann der Vergleich zwischen Zwischentest 1 und Zwischentest2 tendenziell signifikant unterschiedlich ( $p=0.083$ ). Für Trainingsgruppe C zeigen die Ergebnisse der RM ANOVA keine signifikante Verbesserung über die Zeit ( $F(3, 39) = 0.189$ ;  $p=0.904$ ) und zwischen den einzelnen Testungen. Die Werte der Kontrollgruppe schließen sich den vorherigen Ergebnissen an und belegen keine signifikanten Veränderungen des SRT-Wertes im Studienverlauf ( $p=0.223$ ). Auch auf die Werte im AAST\_HF haben die beobachteten Verbesserungen des auditiven Satzverstehens im HSM-Satztest keinen Einfluss.

### Gruppenvergleich für den Schwellenwert der hochfrequenten Laute in Ruhe (SRT\_HF\_quiet)



**Abb. 21:** Grafische Darstellung der Schwellenwerte im AAST\_HF in Ruhe. Resultate des Mittelwertvergleichs für den AAST\_HF (in Ruhe) (gemessen in dB SPL) im Vortest und Nachtest. Sowohl für die Trainings- als auch für die Kontrollgruppe können keine statistisch signifikanten Veränderungen der Schwellenwerte im Studienverlauf nachgewiesen werden.\*

#### 6.4 TRAININGSVERFAHREN: METHODENVERGLEICH

Um der Fragestellung nach trainingspezifischen Leistungsunterschieden nachgehen zu können wurde sich bei der Analyse der aufgeführten Daten an den zuvor durchgeführten Hörtrainingsverfahren orientiert und selbige Schritte zum Vergleich der Daten innerhalb der Trainingsgruppen vollzogen. Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist zunächst festzustellen, dass die Leistungen jener Patienten, welche unter Anwendung des semantischen Satztrainings und des Lückensatztrainings geübt haben, einen signifikanten Leistungsanstieg verzeichnen. Für die morpho-syntaktischen Bedingung können jene positiven Veränderungen nicht fortgesetzt werden; vielmehr lassen sich keinerlei Veränderungen im auditiven Sprachverstehen beobachten. Analog der bisherigen Gruppenvergleiche wurden sowohl das Allgemeine Lineare Modell mit Messwiederholung (RM ANOVA) als auch post-hoc paarweise Vergleiche durchgeführt, welche die Leistungen der drei Trainingsgruppen unter Berücksichtigung der Trainingsbedingungen miteinander vergleicht. Die Bonferroni Korrektur wurde angewendet, um die Daten für multiples Testen zu adjustieren.

##### 6.4.1 EXPERIMENTELLE BEDINGUNG A: SEMANTIK

Im Folgenden werden die Daten jener Trainingsgruppe A dargestellt, welche mit Trainingsbedingung A begonnen hat und im weiteren Studienverlauf mit Training B und C geübt haben.

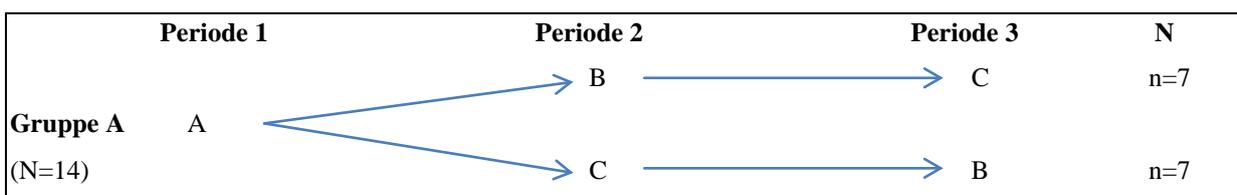
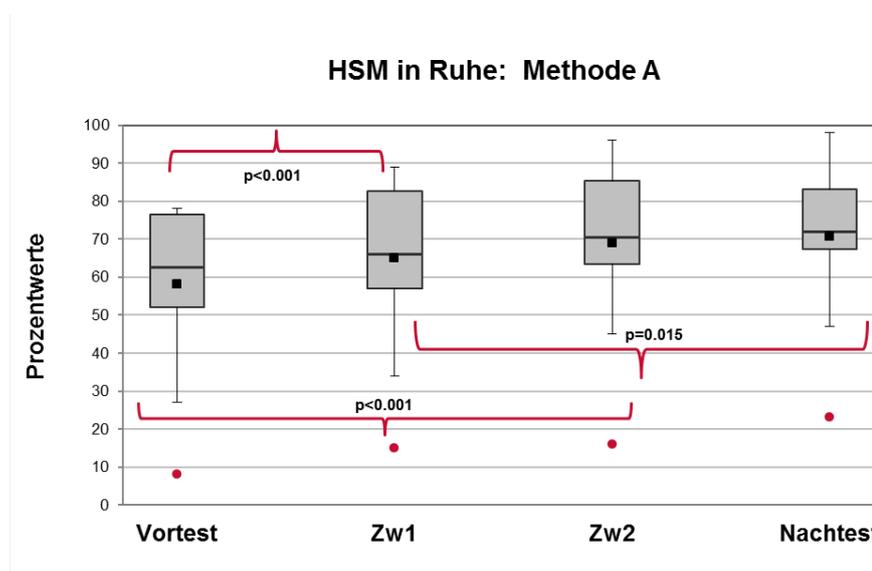


Abb. 22: Übersicht über Trainingsverlauf der Trainingsgruppe A.

Um die Wirksamkeit der Therapieverfahren in allen möglichen Anwendungskombinationen vergleichen zu können, wurde die Reihenfolge der drei Trainingsverfahren bei jeweils n=7 Patienten variiert. Ferner begannen N=14 Patienten mit dem Training mit Methode A. Im weiteren Verlauf führen n=7 mit dem Training unter Methode B/C und n=7 mit dem Training unter Methode C/B fort. Die dargestellten Daten beschreiben die Leistungsveränderungen im Studienverlauf unter Berücksichtigung der Werte vor und nach Durchführung der jeweiligen Trainingsmethode.

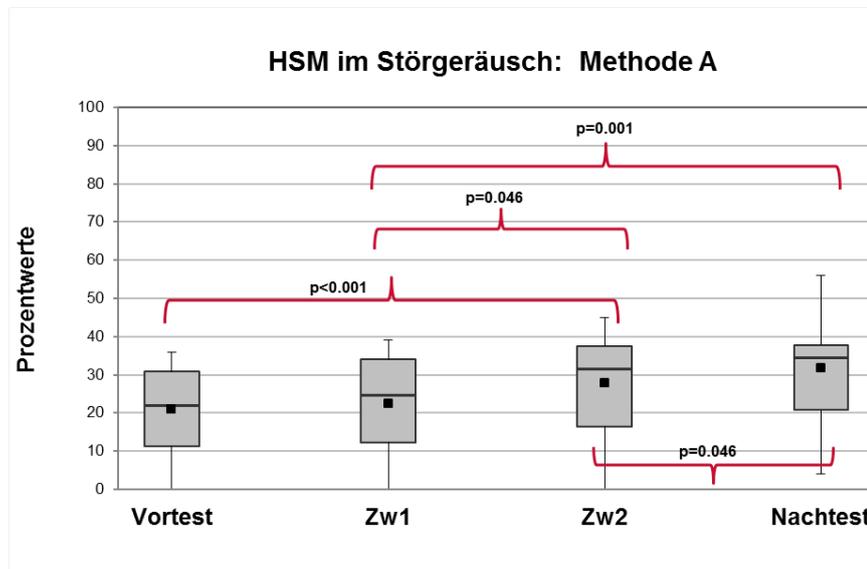
## Methodenspezifischer Gruppenvergleich (A) (aud\_quiet)



**Abb. 23: Werte der Gruppe A im HSM-Satztest in Ruhe im Zeitverlauf** Grafische Darstellung der Resultate der HSM-Werte (Prozentwerte) in der Trainingsgruppe A in Ruhe im Zeitverlauf. Es zeigt sich eine sehr signifikante Verbesserung über die Zeit. Der paarweise Vergleich demonstriert signifikante Leistungszunahmen von Vortest zu Zwischentest 1 allein unter Methode A.\*

Für den *HSM-Satztest in Ruhe* zeigten die Ergebnisse der RM ANOVA eine höchst signifikante Verbesserung über die Zeit ( $F(1.5, 20.15) = 33.527$ ;  $p < 0.001$ ). Der anschließende paarweise Vergleich zeigt einen höchst signifikanten Leistungsanstieg zwischen dem Vortest und Zwischentest 1 unter Methode A ( $N=14$ ) ( $p < 0.001$ ). Zudem ließ sich ein höchst signifikanter Unterschied zwischen Vortest und Zwischentest 2 und Vortest und Nachtest (jeweils  $p < 0.001$ ) nachweisen. Ein signifikanter Unterschied zeigte sich auch zwischen Zwischentest 1 und dem Nachtest ( $p = 0.015$ ). Im weiteren Studienverlauf konnten keine statistischen Leistungsveränderungen unter Berücksichtigung der durchgeführten Trainingsverfahren nachgewiesen werden. Für den *HSM-Satztest im Störgeräusch* zeigten die Ergebnisse der RM ANOVA ebenfalls eine höchst signifikante Verbesserung über die Zeit ( $F(3, 39) = 18.302$ ;  $p < 0.001$ ). Der anschließende paarweise Vergleich zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen Zwischentest 1 und Zwischentest 2 ( $n=7$ ; Methode B;  $n=7$ ; Methode C) ( $p=0.046$ ) und zwischen Zwischentest 2 und dem Nachtest 2 ( $n=7$ ; Methode C;  $n=7$ ; Methode B) ( $p=0.046$ ). Zudem ließ sich ein höchst signifikanter Unterschied zwischen Vortest und Zwischentest 2, Vortest und Nachtest und Zwischentest 1 und dem Nachtest (jeweils  $p < 0.001$ ) nachweisen.

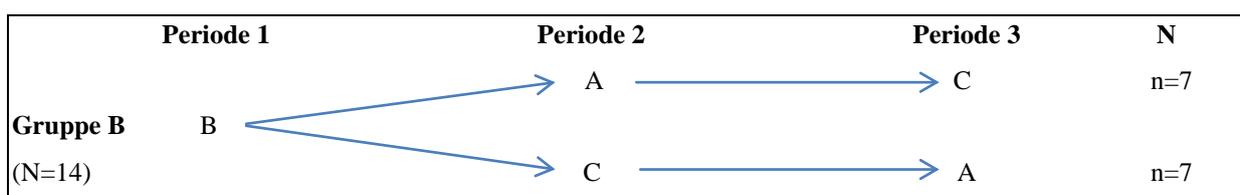
## Methodenspezifischer Gruppenvergleich (A) (aud\_noise)



**Abb. 24:** Werte der Gruppe A im HSM-Satztest im Störgeräusch im Zeitverlauf. Grafische Darstellung der Resultate der HSM-Werte (Prozentwerte) in der Trainingsgruppe A im Störgeräusch im Zeitverlauf. Es zeigt sich eine höchst signifikante Verbesserung über die Zeit. Der paarweise Vergleich demonstriert signifikante Leistungszunahmen von Vortest zu Zwischentest 2 allein unter Methode A.\*

#### 6.4.2 EXPERIMENTELLE BEDINGUNG B: MORPHO-SYNTAX

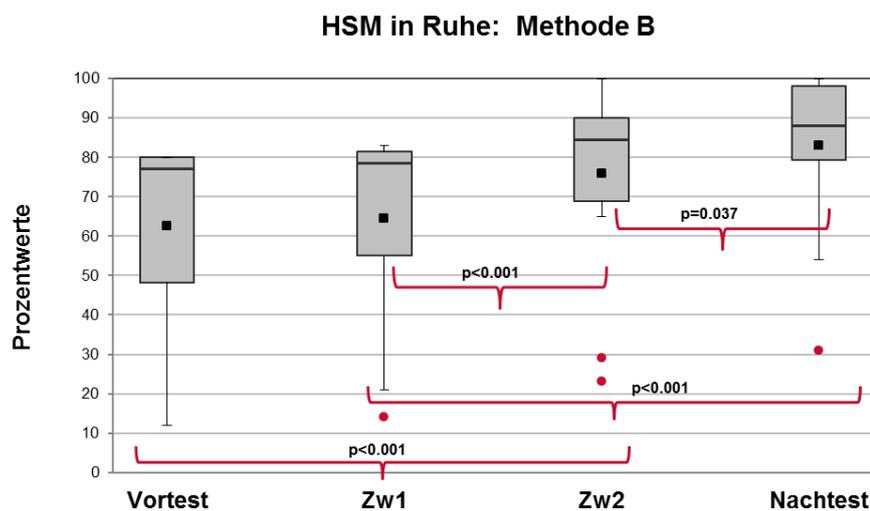
Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich auf die Daten jener Trainingsgruppe, welche mit Trainingsbedingung B begonnen hat und im weiteren Studienverlauf mit Training A und C geübt haben. Um die Wirksamkeit der Therapieverfahren in allen möglichen Anwendungskombinationen vergleichen zu können, wurde die Reihenfolge der drei Untersuchungskuster auch hier bei jeweils  $n=7$  Patienten variiert. Ferner begannen  $N=14$  Patienten mit dem Training mit Methode B. Im weiteren Verlauf führen  $n=7$  mit dem Training unter Methode A/C und  $n=7$  mit dem Training unter Methode C/A fort. Die dargestellten Daten beschreiben die Leistungsveränderungen im Studienverlauf unter Berücksichtigung der Werte vor und nach Durchführung der jeweiligen Trainingsmethode.



**Abb. 25:** Übersicht über Trainingsverlauf der Trainingsgruppe B.

Für den *HSM-Satztest in Ruhe* zeigen die Ergebnisse der RM ANOVA eine signifikante Verbesserung über die Zeit ( $F(1.5, 19.30) = 35.760$ ;  $p < 0.001$ ). Die genaue Betrachtung der Trainingsintervalle mittels paarweiser Vergleiche bestätigt, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten im Vortest und dem Zwischentest 1 unter Methode B ( $N=14$ ; Methode B) vorliegt. Allerdings kann ein signifikanter Unterschied zwischen Zwischentest 1 und Zwischentest 2 ( $p < 0.001$ ) ( $n=7$ ; Methode A;  $n=7$ ; Methode C) und zwischen Zwischentest 2 und Nachtest ( $p=0.037$ ) ( $n=7$ ; Methode C;  $n=7$ ; Methode A) nachgewiesen werden. Es zeigt sich zudem ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten in Vortest und Zwischentest 2 und Zwischentest 1 und dem Nachtest ( $p < 0.001$ ).

### Methodenspezifischer Gruppenvergleich (B) (aud\_quiet)



**Abb. 26: Werte der Gruppe B im HSM-Satztest in Ruhe im Zeitverlauf.** Grafische Darstellung der Resultate der HSM-Werte (Prozentwerte) in der Trainingsgruppe B in Ruhe im Zeitverlauf. Es zeigt sich keine signifikante Veränderung von Vortest zu Zwischentest 1 unter Methode B.\*

Für den *HSM-Satztest im Störgeräusch* zeigen die Ergebnisse der RM ANOVA ebenfalls eine signifikante Verbesserung über die Zeit ( $F(3, 39) = 48.412$ ;  $p < 0.001$ ). Der anschließende paarweise Vergleich zeigt einen signifikanten Leistungsanstieg unter Methode B zwischen Vortest und Zwischentest1 unter Methode B ( $N=14$ ) ( $p=0.044$ ). Ein signifikanter Unterschied wird ebenfalls zwischen Zwischentest 1 und Zwischentest 2 ( $p < 0.001$ ) ( $n=7$ ; Methode A;  $n=7$ ; Methode C) und zwischen Zwischentest 2 und Nachtest ( $p=0.032$ ) ( $n=7$ ; Methode A;  $n=7$ ; Methode C) gefunden. Die ergänzende Analyse der Daten zwischen Vortest und Zwischentest 2, Vortest und Nachtest und Zwischentest 1 und Nachtest (jeweils  $p < 0.001$ ) weisen ebenfalls signifikante Unterschiede auf.

## Methodenspezifischer Gruppenvergleich (B) (aud\_noise)

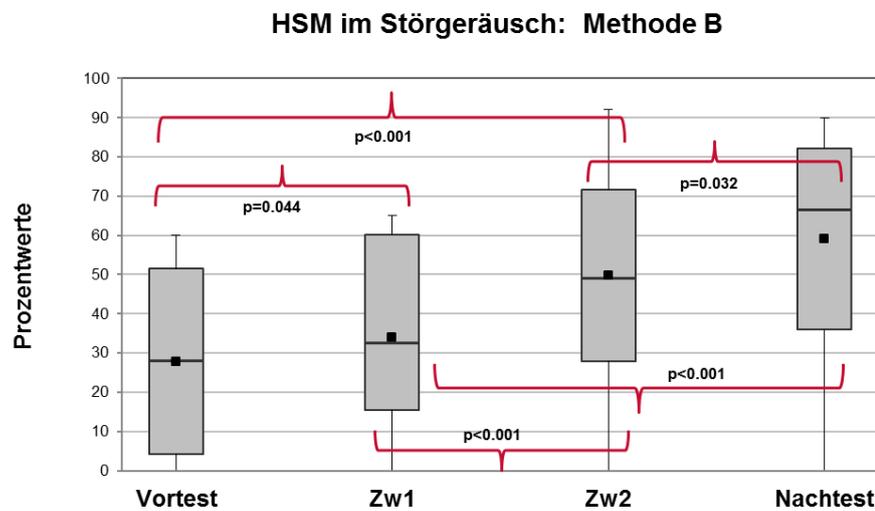


Abb. 27: Werte der Gruppe B im HSM-Satztest im Störgeräusch im Zeitverlauf. Grafische Darstellung der Resultate der HSM-Werte (Prozentwerte) in der Trainingsgruppe B im Störgeräusch im Zeitverlauf. Es zeigt sich eine signifikante Veränderung von Vortest zu Zwischentest 1 unter Methode B.\*

### 6.4.3 EXPERIMENTELLE BEDINGUNG C: LÜCKENSÄTZE

Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich auf die Daten jener Trainingsgruppe, welche mit Trainingsbedingung C begonnen hat und sodann mit Training A und B geübt haben.

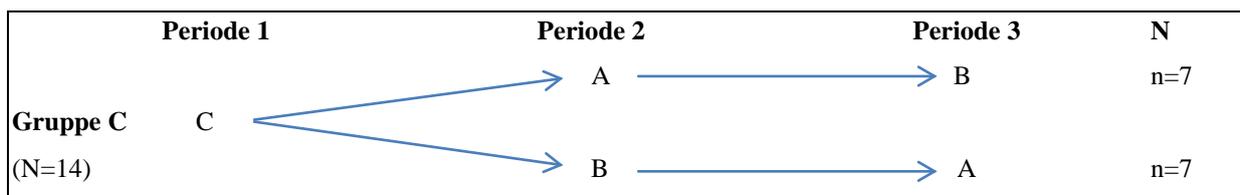
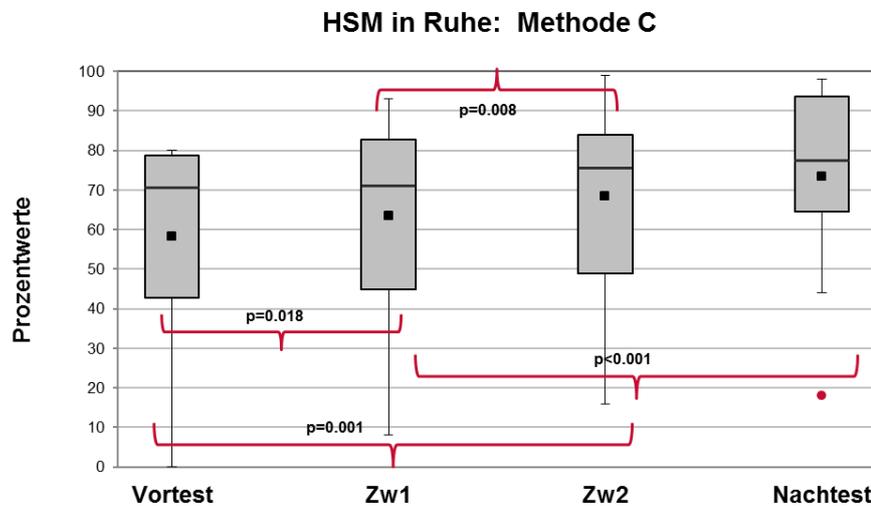


Abb. 28: Übersicht über Trainingsverlauf der Trainingsgruppe C.

Für den *HSM-Satztest in Ruhe* zeigen die Ergebnisse der RM ANOVA eine höchst signifikante Verbesserung über die Zeit ( $F(3, 39) = 28.124$ ;  $p < 0.001$ ). Die genaue Betrachtung der Trainingsintervalle mittels paarweiser Vergleiche bestätigt, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten im Vortest und dem Zwischentest 1 unter Methode C (N=14; Methode C) ( $p = 0.018$ ), vorliegt. Weiter kann ein signifikanter Unterschied zwischen Zwischentest 1 und Zwischentest 2 ( $p = 0.008$ ) ( $n = 7$ ; Methode A;  $n = 7$ ; Methode B), sowie zwischen Vortest und Zwischentest 2, Vortest und Nachtest und Zwischentest 1 und dem Nachtest (jeweils  $p < 0.001$ ) nachgewiesen werden.

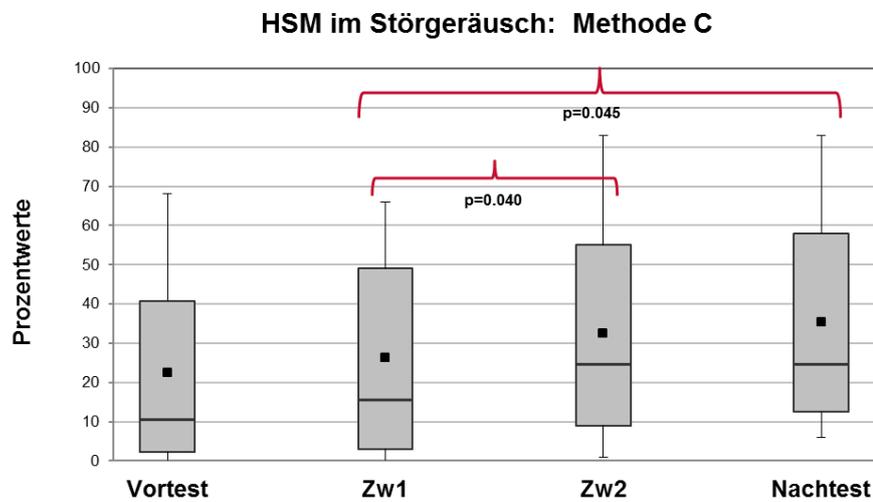
## Methodenspezifischer Gruppenvergleich (C) (aud\_quiet)



**Abb. 29:** Werte der Gruppe C im HSM-Satztest in Ruhe im Zeitverlauf. Resultate der HSM-Werte (Prozentwerte) in der Trainingsgruppe C in Ruhe im Zeitverlauf. Es zeigt sich eine signifikante Verbesserung über die Zeit. Der paarweise Vergleich demonstriert signifikante Leistungszunahmen von Vortest zu Zwischentest 1 allein unter Methode C.\*

Für den HSM-Satztest im Störgeräusch zeigten die Ergebnisse der RM ANOVA ebenfalls eine höchst signifikante Verbesserung über die Zeit ( $F(3, 39) = 8.257; p < 0.001$ ). Der anschließende paarweise Vergleich zeigte einen signifikanten Leistungsanstieg zwischen Zwischentest 1 und Zwischentest 2 ( $p = 0.040$ ) ( $n = 7$ ; Methode A;  $n = 7$ ; Methode B). Zudem zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen Vortest und Nachtest ( $p = 0.001$ ), zwischen Zwischentest 1 und Nachtest ( $p = 0.045$ ) und einen tendenziell signifikanten Unterschied zwischen Vortest und Zwischentest 2 ( $p = 0.078$ ). Weitere signifikante Leistungsveränderungen konnten nicht berechnet werden.

## Methodenspezifischer Gruppenvergleich (C) (aud\_noise)



*Abb. 30: Werte der Gruppe C im HSM-Satztest in Ruhe im Zeitverlauf. Resultate der HSM-Werte (Prozentwerte) in der Trainingsgruppe C im Störgeräusch im Zeitverlauf. Es zeigt sich eine signifikante Verbesserung über die Zeit. Der paarweise Vergleich demonstriert keine signifikante Leistungszunahme von Vortest zu Zwischentest 1 unter Methode C.\**

## 6.5 MODALITÄTSSPEZIFISCHE KORRELATIONSANALYSEN

Entsprechend der bestehenden Annahme trainingsspezifischer Leistungsunterschiede in Abhängigkeit des Höralters, des Lebensalters und/oder der Versorgungsart werden im Folgenden parametrische t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt um mögliche Abhängigkeiten und Korrelationen zu analysieren und wenn nötig eine erweiterte Untergliederung der Trainingsgruppe nach zu untersuchenden Faktoren vorgenommen<sup>22</sup>. Zur Analyse wurden die Daten des HSM-Satztests aus dem Nachtest herangezogen.

### 6.5.1 TRAININGSERFOLG UND HÖRALTER

Zur Berechnung möglicher Leistungsunterschiede in Bezug auf das auditive Sprachverstehen in Anhängigkeit des Höralters wurde die Gruppe der Patienten in zwei Subgruppen unterteilt. Ferner erfolgte eine Unterteilung in Patienten mit einem Höralter von 3 bis 5.9 Monaten und einem Höralter zwischen 6 und 12 Monaten. Zur Analyse wurden die Daten der Sprachtests aus dem Nachtest zum Vergleich herangezogen. Für den HSM-Test in Ruhe zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Höraltergruppen ( $p=0.815$ ). Die jüngere Hörgruppe erzielte im Mittel etwas höhere Werte. Für den HSM-Test im Störgeräusch können jene Ergebnisse fortgesetzt und ein signifikanter Unterschied verworfen werden ( $p=0.845$ ). Die ältere Hörgruppe erzielte im Mittel etwas höhere Werte.

**Tab. 10: Leistungsunterschiede differenziert nach Höralter.** Für beide Bedingungen des HSM-Sattests (in Ruhe/im Störgeräusch) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Höraltergruppen. Die jüngere Hörgruppe erzielte im Mittel etwas höhere Werte.

	Höralter	N	Mittelwert	SD
HSM Ruhe (%)	3 - 5,9 Monate	20	73,95	19,46
	6 - 12 Monate	35	72,37	26,03
HSM SG/Noise (%)	3 - 5,9 Monate	20	38,50	24,34
	6 - 12 Monate	35	39,97	27,98
AAST dB in Ruhe (SRT)	3 - 5,9 Monate	20	32,01	10,28
	6 - 12 Monate	35	34,16	10,49
AAST dB in Noise (SRT)	3 - 5,9 Monate	20	-8,35	5,55
	6 - 12 Monate	35	-9,15	5,99
AAST_HF dB in Ruhe	3 - 5,9 Monate	20	34,41	12,35
	6 - 12 Monate	35	34,49	12,66

<sup>22</sup> Obgleich die Analyse bereits gleichbleibende Werte im Trainingsverlauf bestätigte und einen Einfluss auf die Datenanalyse ausschließt, werden der Vollständigkeit halber die Schwellenwerte aus dem AAST dargestellt.

### 6.5.2 TRAININGSERFOLG UND LEBENSALTER

Zur Berechnung möglicher Unterschiede im auditiven Sprachverstehen in Anhängigkeit des Lebensalters wurde die Gruppe der Patienten in drei Subgruppen unterteilt. Ferner erfolgte eine Subklassifizierung der Probanden in Gruppen von 20-40 Lebensjahre (LJ), >40-60 LJ und >60-80 LJ. Der Vergleich der Daten zwischen der Gruppe der 20-40-Jährigen und >40-60-Jährigen wies keinen signifikanten Unterschied ( $p=0.636$ ) für die Werte im HSM-Satztest in Ruhe auf. Für den HSM-Satztest im Störgeräusch können ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $p=0.938$ ). Dennoch ließ eine genaue Betrachtung der Daten den Schluss zu, dass die jüngere Trainingsgruppe in beiden Sprachtests im Mittel höhere Werte erzielte, als die jeweils ältere Gruppe.

**Tab. 11: Leistungsunterschiede differenziert nach Lebensalter: 20-40 LJ und >40-60 LJ.** Für beide Bedingungen des HSM-Satztests (in Ruhe/im Störgeräusch) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen.

	chron. Alter: stratifiziert	N	Mittelwert	SD
HSM Ruhe (%)	20 - 40 LJ	9	77,00	20,14
	>40 - 60 LJ	17	73,00	20,27
HSM SG/Noise (%)	20 - 40 LJ	9	44,33	27,64
	>40 - 60 LJ	17	43,47	26,09
AAST dB in Ruhe (SRT)	20 - 40 LJ	9	35,45	9,71
	>40 - 60 LJ	17	34,16	9,92
AAST dB in Noise (SRT)	20 - 40 LJ	9	-10,50	5,33
	>40 - 60 LJ	17	-7,02	6,07
AAST_HF dB in Ruhe	20 - 40 LJ	9	32,68	11,64
	>40 - 60 LJ	17	31,80	10,52

Die Analyse der Daten für die Gegenüberstellung der Gruppen >20-40 LJ und >60-80 LJ präsentierte ein ähnliches Bild. Der Vergleich der HSM-Werte in Ruhe der Gruppe >20-40 LJ und >60-80 LJ zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Subgruppen ( $p=0.542$ ). Für den HSM-Test im Störgeräusch können ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $p=0.402$ ). In beiden Testbedingungen (Ruhe/Störgeräusch) erzielte die jüngere Trainingsgruppe im Mittel etwas höhere Werte.

**Tab. 12: Leistungsunterschiede differenziert nach Lebensalter: 20-40 LJ vs. >60-80 LJ.** Für beide Bedingungen des HSM-Satztests (in Ruhe/im Störgeräusch) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen.

	chron. Alter: stratifiziert	N	Mittelwert	SD
HSM Ruhe (%)	20 - 40 LJ	9	77,00	20,14
	>60 - 80 LJ	30	71,07	26,62
HSM SG/Noise (%)	20 - 40 LJ	9	44,33	27,64
	>60 - 80 LJ	30	35,77	26,27
AAST dB in Ruhe (SRT)	20 - 40 LJ	9	35,45	9,71
	>60 - 80 LJ	30	32,28	10,83
AAST dB in Noise (SRT)	20 - 40 LJ	9	-10,50	5,33
	>60 - 80 LJ	30	-9,46	5,60
AAST_HF dB in Ruhe	20 - 40 LJ	9	32,68	11,64
	>60 - 80 LJ	30	36,61	13,41

Ergänzend wurden mögliche Leistungsunterschiede der Subgruppen >40-60 LJ und >60-80 LJ analysiert. Der Datenvergleich demonstrierte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Subgruppen ( $p=0.797$ ). Für den HSM-Satztest im Störgeräusch können ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $p=0.338$ ). Auch hier erreichte die jüngere Trainingsgruppe in beiden Testbedingungen im Mittel höhere Werte.

**Tab. 13: Leistungsunterschiede differenziert nach Lebensalter: >40-60 LJ vs. >60-80 LJ.** Für beide Bedingungen des HSM-Satztests (in Ruhe/im Störgeräusch) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen.

	chron. Alter: stratifiziert	N	Mittelwert	SD
HSM Ruhe (%)	>40 - 60 LJ	17	73,00	20,27
	>60 - 80 LJ	30	71,07	26,62
HSM SG/Noise (%)	>40 - 60 LJ	17	43,47	26,09
	>60 - 80 LJ	30	35,77	26,27
AAST dB in Ruhe (SRT)	>40 - 60 LJ	17	34,16	9,92
	>60 - 80 LJ	30	32,28	10,83
AAST dB in Noise (SRT)	>40 - 60 LJ	17	-7,02	6,07
	>60 - 80 LJ	30	-9,46	5,60
AAST_HF dB in Ruhe	>40 - 60 LJ	17	31,80	10,52
	>60 - 80 LJ	30	36,61	13,41

### 6.5.3 TRAININGSERFOLG UND VERSORGUNGSMODUS

Mit dem parametrischen „Test für unabhängige Stichproben“ wurde überprüft, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen Probanden mit bimodaler, bilateraler und unilateraler Versorgung in Bezug auf das auditive Sprachverstehen gibt. Analog der vorangegangenen Vorgehensweise wurden die Daten der Sprachtests aus dem Nachtest zum Vergleich herangezogen. Für den HSM-Satztest in Ruhe ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen Probanden mit bilateraler und unilateraler Versorgung nachweisen ( $p=0.438$ ). Probanden mit bilateraler Versorgung erzielten im Mittel etwas höhere Werte. Für den HSM-Satztest im Störgeräusch zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen Probanden mit bilateraler und unilateraler Versorgung ( $p=0.205$ ). Es zeigte sich allerdings, dass Probanden mit unilateraler Versorgung im Mittel etwas höhere Werte erzielten.

**Tab. 14: Vergleich zwischen Probanden mit bilateraler und unilateraler Versorgung.** Für beide Bedingungen des HSM-Satztests (in Ruhe/im Störgeräusch) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen. Probanden mit bilateraler Versorgung erzielten im Mittel etwas höhere Werte.

	Versorgung	N	Mittelwert	SD
HSM Ruhe (%)	CI unilateral	14	68,93	29,71
	CI bilateral	10	77,30	18,00
HSM SG/Noise (%)	CI unilateral	14	36,71	24,72
	CI bilateral	10	24,80	17,48
AAST dB in Ruhe (SRT)	CI unilateral	14	33,57	13,39
	CI bilateral	10	37,33	8,57
AAST dB in Noise (SRT)	CI unilateral	14	-7,50	6,85
	CI bilateral	10	-10,40	4,30
AAST_HF dB in Ruhe	CI unilateral	14	31,06	9,75
	CI bilateral	10	28,83	5,66

Für den Vergleich der Daten zwischen Probanden mit unilateraler und bimodaler Versorgung zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0.635$ ). Für den HSM-Satztest im Störgeräusch zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen Probanden mit unilateraler und bimodaler Versorgung ( $p=0.326$ ). Die genaue Betrachtung der Daten ließ den Schluss zu, dass die Gruppe bimodal versorgter Patienten in beiden Sprachtests im Mittel höhere Werte erzielte, als die unilateral mit einem CI versorgten Probanden.

**Tab. 15: Vergleich zwischen Probanden mit unilateraler und bimodaler Versorgung.** Für beide Bedingungen des HSM-Satztests (in Ruhe/im Störgeräusch) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen. Probanden mit bilateraler Versorgung erzielten im Mittel etwas höhere Werte.

	Versorgung	N	Mittelwert	SD
HSM Ruhe (%)	CI unilateral	14	68,93	29,71
	CI + HG	32	72,75	22,59
HSM SG/Noise (%)	CI unilateral	14	36,71	24,71
	CI + HG	32	45,28	27,76
AAST dB in Ruhe (SRT)	CI unilateral	14	33,57	13,39
	CI + HG	32	32,03	9,17
AAST dB in Noise (SRT)	CI unilateral	14	-7,50	6,82
	CI + HG	32	-9,03	5,67
AAST_HF dB in Ruhe	CI unilateral	14	31,06	9,75
	CI + HG	32	37,81	13,91

Ein Vergleich der Daten im HSM-Satztest in Ruhe zwischen Probanden mit bilateraler und bimodaler Versorgung demonstrierte keinen signifikanten Unterschied ( $p=0.565$ ). Probanden mit bilateraler Versorgung erzielten im Mittel etwas höhere Werte. Für den HSM-Satztest im Störgeräusch konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Probanden mit bilateraler und bimodaler Versorgung nachgewiesen werden ( $p=0.011$ ). Hier erzielten die bimodal versorgten Probanden im Mittel höhere Werte.

**Tab. 16: Vergleich zwischen Probanden mit bilateraler und bimodaler Versorgung.** Für beide Bedingungen des HSM-Satztests (in Ruhe/im Störgeräusch) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen. Probanden mit bilateraler Versorgung erzielten im Mittel etwas höhere Werte.

	Versorgung	N	Mittelwert	SD
HSM Ruhe (%)	CI bilateral	10	77,30	18,00
	CI + HG	32	72,75	22,59
HSM SG/Noise (%)	CI bilateral	10	24,80	17,48
	CI + HG	32	45,28	27,76
AAST dB in Ruhe (SRT)	CI bilateral	10	37,33	8,57
	CI + HG	32	32,03	9,17
AAST dB in Noise (SRT)	CI bilateral	10	-10,40	4,30
	CI + HG	32	-9,03	5,67
AAST_HF dB in Ruhe	CI bilateral	10	28,83	5,66
	CI + HG	32	37,80	13,91

## 6.6 AUSWERTUNG DES FRAGEBOGENS ZUM HÄUSLICHEN ÜBEN

Neben der Erhebung der sprachaudiometrischen Patientendaten und der Hörschwellenwerte im Studienverlauf wurden die Patienten zu jedem Testzeitpunkt in der Klinik mittels eines Fragebogens bezüglich zusätzlicher Hörübungen, Art und Dauer des häuslichen Trainings befragt. Die hieraus erhobenen Daten werden im Folgenden orientierend an den Fragen des Fragebogens in Form einer deskriptiven Beschreibung dargestellt und erläutert.

### 1.1 Wie viele Stunden haben Sie in der vergangenen Woche geübt?

Die Mehrheit aller befragten Patienten gab an wöchentlich weniger als zwei und maximal zwischen zwei und vier Stunden zu Hause zu üben. Nur ein geringer Prozentsatz von maximal 4,76% gab an, mehr als vier Stunden in der Woche dem häuslichen Hörtraining zu widmen.

**Tab. 17: Fragebogen zum häuslichen Üben: Hörtraining in Stunden**

	< 2 Stunden	2-4 Stunden	>4 Stunden
Vortest	49,99% (n=21)	45,24% (n=19)	4,76% (n=2)
Zw1	49,99% (n=21)	47,62% (n=20)	2,38% (n=1)
Zw2	54,76% (n=23)	42,86% (n=18)	2,38% (n=1)
Nachtest	42,86% (n=18)	52,38% (n=22)	4,76% (n=2)

### 1.2. Welche Übungen haben Sie zu Hause durchgeführt? Mit wem haben Sie geübt?

19,04% (n=8) der Befragten gaben an, neben den Satzübungen, die sie im Rahmen der Studie erhalten haben, Hörbücher als Übungsmaterial für zu Hause zu nutzen. 9,52% (n=4) aller Befragten gaben zusätzlich an, Hörübungen zum Nachsprechen einzelner Worte oder Sätze durchzuführen und 14,29% (n=6) der Patienten führten zu Hause Hörübungen am Computer durch. 16,67% (n=7) aller Befragten gaben an, zusammen mit Ihrem Partner zu üben. 19,04% (n=8) übten mit Geschwistern, 9,52% (n=4) übten mit Freunden, Bekannten oder Verwandten und 35,71% (n=15) der Befragten bevorzugten eine alleinige Übungssituation.

### 2. Wie empfanden Sie die Höranstrengung in der vergangenen Woche bezogen auf das Training?

Zur Selbsteinschätzung der Höranstrengung in Bezug auf das Training gab die Mehrheit der Patienten zu nahezu allen Befragungszeitpunkten an, die subjektive Höranstrengung bezogen auf das Training als „mittelmäßig“ oder „gering“ einzuschätzen. Lediglich ein geringer Prozentsatz von maximal 4,76% (n=2) befand die Anstrengung in Bezug auf das Hörtraining als „sehr hoch“; ein maximaler Prozentsatz von 16,67% (n=7) der Patienten als „sehr gering“.

**Tab. 18: Fragebogen zum häuslichen Üben: Höranstrengung in Bezug auf das Training.**

	Sehr gering	Gering	Mittel	hoch	Sehr hoch
Vortest	9,52% (n=4)	33,33% (n=14)	49,99% (n=21)	4,76% (n=2)	2,38% (n=1)
Zw1	16,67% (n=7)	28,57% (n=12)	47,62% (n=20)	7,14% (n=3)	0% (n=0)
Zw2	11,9% (n=5)	26,19% (n=11)	52,38% (n=22)	7,14% (n=3)	2,38% (n=1)
Nachtest	14,29% (n=6)	33,33% (n=14)	42,86% (n=18)	4,76% (n=2)	4,76% (n=2)

### 3. Wie empfanden Sie die allgemeine Höranstrengung in der vergangenen Woche?

Zur Selbsteinschätzung der Höranstrengung in der vorangegangenen Woche gab die Mehrheit der Patienten zu nahezu allen Befragungszeitpunkten an, die subjektive Höranstrengung bezogen auf das Training als „mittelmäßig“ oder „gering“ einzuschätzen. Lediglich ein geringer Prozentsatz von maximal 4,76% (n=2) befand die Anstrengung in der vergangenen Woche als „sehr hoch“; ein maximaler Prozentsatz von 16,67% (n=7) als „sehr gering“.

**Tab. 19 Fragebogen zum häuslichen Üben: Höranstrengung vergangene Woche**

	Sehr gering	Gering	Mittel	hoch	Sehr hoch
Vortest	11,9% (n=5)	30,95% (n=13)	49,99% (n=21)	0% (n=0)	2,38% (n=1)
Zw1	16,67% (n=7)	28,57% (n=12)	49,99% (n=21)	7,14% (n=3)	2,38% (n=1)
Zw2	11,9% (n=5)	26,19% (n=11)	49,99% (n=21)	7,14% (n=3)	4,76% (n=2)
Nachtest	14,29% (n=6)	33,33% (n=14)	42,86% (n=18)	4,76% (n=2)	4,76% (n=2)

### 4. Wie schätzen Sie Ihre heutige Motivation für das Training ein?

Zur Einschätzung der Motivation für das Hörtraining gab die Mehrheit der Patienten zu nahezu allen Befragungszeitpunkten an, sehr motiviert zu sein. Lediglich ein geringer Prozentsatz von maximal 2,38% (n=1) befand die Motivation als „sehr gering“.

**Tab. 20: Fragebogen zum häuslichen Üben: Motivation**

	Sehr gering	Gering	Mittel	hoch	Sehr hoch
Vortest	2,38% (n=1)	4,76% (n=2)	30,95% (n=13)	49,99% (n=21)	11,9% (n=5)
Zw1	0% (n=0)	2,38% (n=1)	28,57% (n=12)	49,99% (n=21)	19,04% (n=8)
Zw2	0% (n=0)	4,76% (n=2)	26,19% (n=11)	49,99% (n=21)	19,04% (n=8)
Nachtest	0% (n=0)	0% (n=0)	33,33% (n=14)	42,86% (n=18)	2,38% (n=1)

## 6.7 QUALITATIVE DATENAUSWERTUNG

Um die quantitative Auswertung der zu analysierenden Datensätze um qualitative Merkmale zu erweitern, wurden die Reaktionen der Patienten bei der Identifikation der substituierten Wörter in Trainingsbedingungen A (Semantik) und B (Syntax) und der Vervollständigung der Lücken in Trainingsbedingung C stichprobenartig notiert und jene Notizen zur qualitativen Auswertung herangezogen. Im Folgenden sollen jene Beobachtungen in Anlehnung an die drei Trainingsbedingungen skizziert und erläutert werden. Dadurch sollen die jeweiligen Trainingsbedingungen inhaltlich aufgearbeitet und um differenzierte Aussagen hinsichtlich der methodischen Umsetzung erweitert werden. Hierdurch lassen sich möglicherweise Rückschlüsse für eine Optimierung der Hörtherapie von erwachsenen CI-Patienten ziehen. Weiter beziehen sich die qualitativen Ausführungen in diesem Kapitel lediglich auf eine Beschreibung der beobachteten Antwortreaktionen. Eine Interpretation jener Befunde findet an dieser Stelle keine Berücksichtigung.

### ***EXPERIMENTELLE BEDINGUNG A: SEMANTIK***

Die qualitative Betrachtung der patientenbezogenen Reaktionen bei der Identifikation substituiertes Wörter in der semantischen Trainingsbedingung demonstrierte eine deutliche Abhängigkeit von der cloze probability des ersetzten Wortes. Insbesondere zeigte sich eine höhere Sensibilität für substituierte Wörter mit einer *geringen cloze probability*, wohingegen Wörter mit einer *high cloze probability* seltener identifiziert wurden. Zudem fiel auf, dass Wörter mit einer geringen cloze probability nicht selten durch Wörter mit einer hohen cloze probability ersetzt wurden (Bsp.: *auditive Vorgabe*: „knüpfen“ - Reaktion: „flicken“).

Bsp.: Die Fischer reparieren ihre Netze, bevor sie auf das Meer hinausfahren.

\*Die Fischer knüpfen ihre Netze, bevor sie auf das Meer hinausfahren (LOW)

\*Die Fischer flicken ihre Netze, bevor sie auf das Meer hinausfahren (HIGH)

Weiter ließ sich eine Unterteilung der Wortklasse in Substantive, Verben oder Adjektive vornehmen, d. h. es lagen unterschiedlich hohe semantische Verbundwahrscheinlichkeiten zwischen der Nominalphrase und dem Nomen bzw. Verb oder Adjektiv vor. Bezüglich der gewählten Wortklasse konnten keine Unterscheidungen hinsichtlich der Fehleranfälligkeit getroffen werden. Zusammenfassend lässt sich anmerken, dass sich die Art der falschen Antworten auf die Erwartungshaltung gegenüber dem manipulierten Wort bezog wohingegen die Wortklasse des manipulierten Wortes keine Berücksichtigung fand.

**EXPERIMENTELLE BEDINGUNG B: MORPHO-SYNTAX**

Die qualitative Betrachtung der Antwortreaktionen in der syntaktischen Trainingsbedingung wies deutliche Unterscheide hinsichtlich des Fehlertyps auf. Ferner konnten die patientenspezifischen Antworten hinsichtlich folgender morpho-syntaktischer Manipulationen differenziert werden: (a) Irregularisierung regulärer Verben durch Versehen des femininen Nomens mit dem regulären Pluralsuffix ”-s“, (b) verletzter Numerus femininer Nomen (c) Veränderung morphologischer Markierungen durch Anfügen von Prä- oder Suffixen, (d) Passivierung intransitiver Verben durch Zuordnung der im Satz auftretenden Nominalphrase zum Verb als Objekt-Argument, (e) Kasus- und (f) Tempusverletzungen.

Charakteristisch für die Antwortreaktionen der Patienten in dieser Bedingung war, dass insbesondere jene wenig prominenten, morpho-syntaktischen Manipulationen besonders störungsanfällig zu sein schienen und fehlerhafte Reaktionen bzw. eine „Nicht-Identifikation“ vor Allem wenig saliente, distinktive Merkmale umfasste. Ferner wurden Konstruktionen, welche die hinreichende Veränderung von Wörtern durch minimale, morpho-syntaktische Elemente bedingte, nur selten identifiziert und als Fehler erkannt. Jene Manipulationen betrafen vor Allem (a) *Irregularisierung regulärer Verben*, den (b) *verletzten Numerus femininer Nomen* sowie die (c) *Veränderung morphologischer Markierungen*.

- a. Der Eisverkäufer verkauft Limonade. / \*Der Eisverkäufer verkaufen Limonade.
- b. Die Blume. / \*Die Blumes.
- c. Das Kind bastelt einen Blütenkranz. / \*Das Kind gebastelt einen Blütenkranz.

Im Gegensatz dazu gelang die Identifikation morpho-syntaktischer Fehler Im Falle einer (d) *Passivierung intransitiver Verben*, (e) *Kasus-* und (f) *Tempusverletzungen* wesentlich leichter.

- d. Der Hund hat gebellt. / \*Der Hund wurde gebellt.
- e. Er liebt die Sonne. / \*Er liebt den Sonne.
- f. Der Abend wird lang werden. / \*Der Abend wurde lang werden.

Zusammenfassend lässt sich anmerken, dass sich die Kategorie der falschen Antworten oder Nullreaktionen auf die akustische Prominenz des manipulierten, distinktiven Merkmals bezog, wohingegen das Erkennen und Identifizieren freier, fehlerhaft veränderter Morpheme leichter gelang. Ferner beziehen sich nicht berücksichtigte Fehlerkategorien vor Allem auf gebundene Morpheme, welche geringfügige Manipulationen erfahren um zu einer inhaltlichen Veränderung beizutragen.

### **EXPERIMENTELLE BEDINGUNG C: LÜCKENSÄTZE**

Die Antwortreaktionen der Patienten in der Lückensatzbedingung können hinsichtlich der Charakteristika Wortart, Position und Anzahl der Lücken klassifiziert werden. Bezüglich der unterschiedlichen Wortarten der durch eine Lücke ersetzten Wörter lässt sich eine Unterscheidung nach Nomen, Verben und Adjektiven vornehmen. Hierbei fiel auf, dass vor Allem die Vervollständigung von Lücken, welche Nomen repräsentierten, am leichtesten gelang. Zudem konnte nicht selten eine Vervollständigung durch hochfrequente Wörter mit einer hohen cloze probability beobachtet werden. Ferner wurden Lücken durch Wörter vervollständigt, welche zwar nicht vom Therapeuten vorgelesen wurden, sich aber dennoch in den für sinnvoll erachteten Kontext einfügten (Bsp. Zielwort „Besen“ - Reaktion „Lappen“).

Bsp.: Die Frau reinigt den Boden mit einem Besen. / \* Die Frau reinigt den Boden mit einem *Lappen*.

Bsp.: Der Handwerker braucht eine Leiter, um das Dach zu reparieren. / \* Der Handwerker braucht eine Leiter, um das Dach zu *besteigen*.

Eine weitere Unterscheidung konnte bezüglich der Position der Lücke im Satz getroffen werden. Ferner befanden sich einige Lücken in der Satzmitte, wohingegen andere Lücken am Satzbeginn oder dessen Ende positioniert waren.

Bsp.: Die Empfehlung des Tages ist ein Nudelgericht. /\*Die Empfehlung des Tages ist ein \_\_\_\_\_.

Bsp.: Der Flugbegleiter fragt den Passagier, wo er sitzen möchte. /\* Der Flugbegleiter fragt den \_\_\_\_\_, wo er \_\_\_\_\_ möchte.

Bezüglich jener Kategorisierung fiel auf, dass Lücken am Satzanfang und/oder –ende schwieriger zu vervollständigen waren, als jene in der Satzmitte. Im Zusammenhang der cloze probability und der Position der Lücke fiel auf, dass vor Allem Wortlücken am Satzende häufig durch eine semantische Passung vervollständigt wurden. Die Erwartungshaltung auf das zu erwartende, individuell für sinnvoll erachtet Wort scheint hier bereits vor Beendigung des Satzes einen Kontrollprozess zu aktivieren, welcher den Satz in Anbetracht seines Kontextes zu schließen schien<sup>23</sup>. Bezüglich der Anzahl der Lücken (ein oder zwei) ließ sich keine differenzierte Aussage treffen.

---

<sup>23</sup> Es ist anzumerken, dass es sich hierbei um einen deskriptiv festzustellenden Effekt handelte, dem statistisch nicht nachgegangen wurde.

## 7. DISKUSSION

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studie zusammengefasst und diskutiert. Dabei sollen jene im Zusammenhang mit den zugrunde liegenden Fragestellungen und Hypothesen interpretiert werden. Des Weiteren wird die methodische Umsetzung der Studie kritisch betrachtet, mögliche Ansätze zur Modifikation vorgeschlagen und ein Ausblick auf Folgestudien gegeben. Abschließend wird die klinische Relevanz der Studie und der entwickelten Paradigmen beschrieben.

### 7.1 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, aufgabenspezifische Aspekte des auditiven Sprachverstehens vor dem Hintergrund neurokognitiver Verarbeitungsmechanismen theoriegeleitet hinsichtlich ihrer Bedeutung in der CI-Rehabilitation zu analysieren. Dazu wurden Trainingsverfahren entwickelt, welche das auditive Sprachverstehen durch Einbezug unterschiedlicher linguistischer Paradigmen (Semantik, Syntax, Lückensätze) verbessern und die Leistungen dreier Gruppen erwachsener CI-Träger mit denen einer Kontrollgruppe verglichen. Anhand der erfassten Daten wurden die Ergebnisse modalitätsspezifisch in Bezug auf ausgewählte Leistungsparameter faktorenanalytisch näher beleuchtet. Dadurch sollten die zentralen Fragestellungen der Arbeit beantwortet werden, (1) inwiefern sich das auditive Sprachverstehen in Ruhe und im Störgeräusch durch das Satztraining verbessert, (2) ob trainingsspezifische Leistungsunterscheide im auditiven Sprachverstehen zwischen den Trainingsgruppen bestehen und (3) ob ein Zusammenhang zwischen Trainingserfolg und Höralter, Lebensalter und/oder Versorgungsart vorliegt.<sup>24</sup>

139

---

#### (1) FRAGESTELLUNG 1:

Welchen Einfluss hat die Anwendung eines Hörtrainings auf Satzebene auf die Leistungen des auditiven Sprachverstehens in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) (HSM-Satztest (HSM), Adaptiver Auditiver Sprachtest (AAST)) bei postlingual ertaubten, erwachsenen CI-Patienten in einem chronologischen Alter zwischen 20 und 76 Jahren?

*Hypothese 1: Auditives Sprachverstehen im HSM in Ruhe: Trainingsgruppen (vgl. S. 93)*

Dementsprechend bestand für die vorliegende Arbeit die Hypothese ( $H_1$ ), dass sich die

---

<sup>24</sup> Zur detaillierten Darstellung aller Hypothesen sei an dieser Stelle auf Kapitel 4 verwiesen.

auditiven Sprachverstehensleistungen der Trainingsgruppe in Ruhe (1) im Trainingsverlauf zu den Testzeitpunkten ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ) signifikant verbessern.

Die Ergebnisse der sprachaudiometrischen Mittelwertvergleiche zwischen den Trainingsgruppen zeigten, dass bei den Trainingsgruppen in nahezu allen Tests eine Steigerung der auditiven Sprachverstehensleistungen in Ruhe zu verzeichnen waren. Vor Allem für die semantische und die Lückensatzbedingung konnte ein signifikanter Leistungsanstieg beobachtet und statistisch belegt werden. Die vorliegende Hypothese konnte damit mit Ausnahme der morpho-syntaktischen Trainingsbedingung bestätigt werden.

*Hypothese 2: Auditives Sprachverstehen im HSM in Ruhe: Trainings- vs. Kontrollgruppe (vgl. S. 94)*

Es bestand die Hypothese ( $H_1$ ), dass die Leistungszunahme des auditiven Sprachverstehens der Trainingsgruppe in Ruhe (1) zu allen Testzeitpunkten ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ) signifikant größer ist als die der Kontrollgruppe, die kein Satztraining erhält.

Die Ergebnisse der sprachaudiometrischen Mittelwertvergleiche zwischen Trainings- und Kontrollgruppe zeigten, dass auf Seiten der Trainingsgruppen in nahezu allen Tests höhere Werte des auditiven Sprachverstehens verzeichnet werden konnten als in der Kontrollgruppe. Dabei ergab die Auswertung der Gesamtgruppendaten zu Beginn und zum Ende der Studie keine Unterschiede hinsichtlich der Leistungssteigerungen zwischen den Trainingsgruppen. Im Vergleich dazu veränderten sich die Werte der Kontrollpersonen, welche nicht an dem Training der Studie teilnahmen, nicht signifikant. Die vorliegende Hypothese wurde bestätigt.

*Hypothese 3: Auditives Sprachverstehen im HSM im Störgeräusch: Trainingsgruppen (vgl. S. 94)*

Es bestand die Hypothese ( $H_1$ ), dass sich die auditiven Sprachverstehensleistungen der Trainingsgruppe auch unter Störgeräusch (2) im Trainingsverlauf zu den Testzeitpunkten ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ) signifikant verbessern.

Entsprechend der Resultate des auditiven Sprachverstehens in Ruhe zeigten die Ergebnisse der sprachaudiometrischen Mittelwertvergleiche zwischen den Trainingsgruppen, dass bei den Trainingsgruppen in allen Tests eine statistisch signifikante Steigerung der auditiven Sprachverstehensleistungen auch im Störgeräusch zu verzeichnen waren, welche zudem für

die morpho-syntaktische Bedingung fortgesetzt werden konnten. Die vorliegende Hypothese konnte damit uneingeschränkt bestätigt werden.

*Hypothese 4: Auditives Sprachverstehen im HSM im Störgeräusch: Trainings- vs. Kontrollgruppe (vgl. S 94)*

Zudem bestand die Hypothese ( $H_1$ ), dass die Leistungszunahme des auditiven Sprachverstehens der Trainingsgruppe im Störgeräusch (2) zu allen Testzeitpunkten signifikant größer ist als die der Kontrollgruppe.

Die Ergebnisse der sprachaudiometrischen Mittelwertvergleiche zwischen Trainings- und Kontrollgruppe zeigten, dass auf Seiten der Trainingsgruppen in allen Tests statistisch signifikant höhere Werte des auditiven Sprachverstehens auch im Störgeräusch verzeichnet werden konnten als in der Kontrollgruppe. Jene Ergebnisse konnten für alle Trainingsbedingungen fortgesetzt werden. Die vorliegende Hypothese wurde bestätigt.

*Hypothese 5: Auditives Sprachverstehen im AAST in Ruhe: Trainingsgruppen (vgl. S. 95)*

Es bestand für die vorliegende Arbeit die Hypothese ( $H_1$ ), dass der Speech Reception Threshold (SRT) der Trainingsgruppe zu allen nachfolgenden Testzeitpunkten ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ) in Ruhe (1) unverändert bleibt.

Um auszuschließen, dass mögliche Veränderungen des auditiven Sprachverstehens lediglich auf Veränderungen der Audioprozessoreinstellungen zurückzuführen sind, wurde der softwarebasierte Adaptive Auditive Sprachtest (AAST) (Coninx, 2005) als zusätzliches sprachaudiometrisches Testverfahren herangezogen. Die Auswertung der ermittelten Daten demonstrierte einen konstanten SRT-Wert ( $\pm 5$ dB) im Trainingsverlauf und untermauert die Hypothese, dass Leistungszunahmen des auditiven Sprachverstehens auf das Hörtraining zurückzuführen und nicht in Abhängigkeit mit der Einstellung des Audioprozessors zu betrachten sind. Die vorliegende Hypothese konnte damit bestätigt werden.

*Hypothese 6: Auditives Sprachverstehen im AAST im Störgeräusch: Trainingsgruppen (vgl. S. 95)*

Dementsprechend bestand für die vorliegende Arbeit die Hypothese ( $H_1$ ), dass der Speech Reception Threshold (SRT) der Trainingsgruppe zu allen nachfolgenden Testzeitpunkten ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ) im Störgeräusch (2) unverändert bleibt.

Entsprechend der Ergebnisse für den SRT-Wert in Ruhe konnte ebenso für den Schwellenwert im Störgeräusch ein konstanter SRT-Wert nachgewiesen werden. Die vorliegende Hypothese wurde somit bestätigt.

*Hypothese 7: Auditives Sprachverstehen im AAST\_HF in Ruhe: Trainingsgruppen (vgl. S. 95)*  
Dementsprechend bestand für die vorliegende Arbeit die Hypothese ( $H_1$ ), dass der Speech Reception Threshold (SRT) für hochfrequente Laute der Trainingsgruppe zu allen nachfolgenden Testzeitpunkten ( $T_1^*$ ,  $T_7^*$ ,  $T_{13}^*$ ,  $T_{19}^*$ ) in Ruhe (1) unverändert bleibt.

Auch für den SRT-Wert für hochfrequente Laute zeigte unveränderte Schwellenwerte in der Trainingsgruppe zu allen Testzeitpunkten. Die vorliegende Hypothese wurde damit bestätigt. Zusammenfassend profitierten alle Patienten von der Anwendung des auditiven Satztrainings; die deskriptive Betrachtung der Ergebnisse bewegt zu der Vermutung, dass besonders positive Leistungsveränderungen bei Einbezug höherer, kognitiver Wahrnehmungsebenen verzeichnet werden können.

### **FRAGESTELLUNG 2:**

Besteht eine Korrelation zwischen der Leistungszunahme der Patienten im auditiven Sprachverstehen und den einzelnen Trainingssequenzen (Bedingung A: semantisch inkorrekte Sätze, Bedingung B: syntaktisch inkorrekte Sätze, Bedingung C: Lückensätze)?

*Hypothese 8: Leistungszunahme in den Trainingsgruppen (vgl. S. 96)*

Es wurde angenommen, dass eine Korrelation zwischen der Leistungszunahme im auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) und der Operationalisierung der Abfolge der unterschiedlichen Trainingsmethoden im Zeitverlauf besteht.

Die Ergebnisse der sprachaudiometrischen Mittelwertvergleiche zwischen den Trainingsgruppen zeigten, dass sowohl für die semantische als auch für die Lückensatzbedingung eine signifikante Steigerung der auditiven Sprachverstehensleistungen in Ruhe und im Störgeräusch zu verzeichnen war. Für die morpho-syntaktische Trainingsbedingung ließen sich jene Befunde lediglich für das auditive Sprachverstehen im Störgeräusch nachweisen. Hinsichtlich der Reihenfolge, innerhalb welcher die jeweiligen Hörtrainingsverfahren absolviert wurden, zeigten sich keine Unterschiede. Die vorliegende Hypothese konnte damit bestätigt werden.

*Hypothese 9: Leistungsunterschiede zwischen semantischer und syntaktischer Bedingung (vgl. S. 96)*

Es wurde angenommen, dass das Erkennen semantischer Unterschiede (A) unter Einbezug wissensbasierter top-down-Prozesse einen höheren Zuwachs im auditiven Sprachverständnis bringt, als das Erkennen wenig prominenter, morpho-syntaktischer Unterschiede (B). Ferner besteht die Hypothese (H<sub>1</sub>), dass die Leistungszunahme des auditiven Satzverstehens der Trainingsgruppen im HSM-Test in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) im Anschluss an Trainingsbedingung A, signifikant größer ist, als jene nach dem Training unter Bedingung B.

Die Untersuchung der Daten auf trainingspezifische Leistungsveränderungen im HSM-Satztest zeigte, dass die der morpho-syntaktischen Informationen zugewiesene geringe akustische Salienz keine statistisch signifikanten Trainingserfolge im auditiven Satzverstehen in Ruhe aufzuweisen schienen und untermalte die Annahme eines negativen Zusammenhangs zwischen auditivem Sprachverstehen und akustischer Salienz sprachlicher Informationen. Die deskriptive Datenanalyse bestätigte diese Beobachtung durch eine hohe Fehlerhäufigkeit und eine geringe Anzahl korrekter Fehlerdetektionen in der morpho-syntaktischen Bedingung. Lediglich für das auditive Sprachverstehen im Störgeräusch kann eine signifikante Leistungsverbesserung beobachtet werden ( $p=0.044$ ). Eine eindeutige Evidenz hingegen ergab sich für die Verarbeitung der inkongruenten Satzelemente auf semantischer Ebene, welche sich in positiven Veränderungen des auditiven Sprachverstehens in Ruhe und im Störgeräusch manifestierten und für den Einsatz des Lückensatztrainings fortgesetzt werden konnten. Obgleich sich jenes Training durch eine geringe Fehleranzahl der Antwortreaktionen auszeichnete, wies die deskriptive Auswertung der Verhaltensdaten die Anwendung kognitiver Strategien auf, welche sich in Substitutionen durch semantische Passungen äußerte. Ein positiver Zusammenhang zwischen dem auditiven Sprachverstehen bei erwachsenen CI-Trägern und dem Einbezug kontextueller Informationen im Prozess der auditiven Satzverarbeitung scheint damit weitestgehend bestätigt zu sein. Alternative Erklärungsansätze für die Klassifikation der im Verstehen von semantischen und syntaktischen Informationen gefundenen Fehlercharakteristika sollen im Rahmen der Gesamtdiskussion erläutert werden. Die vorliegende Hypothese wurde somit bestätigt.

*Hypothese 10: Leistungsunterschiede zwischen Lückensätzen und syntaktischer Bedingung (vgl. S. 97)*

Weiter bestand die Hypothese (H<sub>1</sub>), dass die Leistungszunahme des auditiven Satzverstehens

der Trainingsgruppen im HSM-Test in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) im Anschluss an Trainingsbedingung C (Lückensätze) durch Aktivierung top-down-gesteuerter Verarbeitungsprozesse signifikant größer ist, als jene nach dem Training unter Bedingung B.

Die Ergebnisse der sprachaudiometrischen Mittelwertvergleiche zwischen den Trainingsgruppen zeigten, dass in den Trainingsgruppen im Anschluss an die Lückensatzbedingung eine signifikante Steigerung der auditiven Sprachverstehensleistungen in Ruhe und im Störgeräusch zu verzeichnen waren, welche für die morpho-syntaktische Bedingung lediglich im Störgeräusch fortgesetzt wurde. Die vorliegende Hypothese konnte damit mit Ausnahme der morpho-syntaktischen Trainingsbedingung im Störgeräusch bestätigt werden.

### **FRAGESTELLUNG 3:**

Besteht eine Korrelation zwischen dem auditiven Sprachverstehen der Patienten im Nachtest und a) dem Höralter, b) dem Lebensalter, c) der Versorgungsart?

Entsprechend der bestehenden Annahme trainingsspezifischer Leistungsunterschiede in Abhängigkeit des Höralters, des Lebensalters und/oder der Versorgungsart wurden ergänzende Analysen vorgenommen um mögliche Abhängigkeiten und Korrelationen zu analysieren und wenn nötig eine erweiterte Untergliederung der Trainingsgruppe nach zu untersuchenden Faktoren vorgenommen. Zur Analyse wurden die Daten des HSM-Satztests aus dem Nachtest herangezogen.

*Hypothese 11: Korrelation zwischen auditivem Sprachverstehen und Höralter (vgl. S. 97)*

Es wurde angenommen, dass eine positive Korrelation zwischen dem auditiven Sprachverstehen in Ruhe und im Störgeräusch und dem Höralter der Trainingsgruppe besteht. Weiter besteht die Annahme, dass Patienten mit einem geringen Höralter (<HA) ein besseres auditives Sprachverstehen aufweisen, als Patienten mit einem höheren Höralter (>HA).

Zur Berechnung möglicher Leistungsunterschiede in Bezug auf das auditive Sprachverstehen in Anhängigkeit des *Höralters* wurde die Gruppe der Patienten in zwei Subgruppen (3,0-5,9 Monate; 6,0-12,0 Monate) unterteilt. Für die Nahtestwerte im HSM-Satztest in Ruhe zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Höraltergruppen ( $p=0.815$ ). Für den HSM-Test im Störgeräusch können jene Ergebnisse fortgesetzt und ein signifikanter Unterschied verworfen werden ( $p=0.845$ ). Die jüngere Gruppe erzielte in beiden

Testbedingungen (Ruhe/Störgeräusch) im Mittel höhere Werte. Die vorliegende Hypothese konnte damit lediglich deskriptiv aber nicht statistisch belegt werden.

*Hypothese 12: Korrelation zwischen auditivem Sprachverstehen und Lebensalter (vgl. S. 97)*

Es wurde angenommen, dass eine positive Korrelation zwischen dem auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) und dem Lebensalter der Trainingsgruppe besteht. Ferner bestand die Annahme, dass Patienten mit einem geringen Lebensalter (<LJ) ein besseres auditives Sprachverstehen aufweisen, als Patienten mit höheren Lebensalter (>LJ).

Im Rahmen der statistischen Analyse wurden alle Subgruppen (20-40 LJ, >40-60 LJ und >60-80 LJ) miteinander verglichen. Der Datenvergleich wies weder signifikante Unterschiede im HSM-Satztest in Ruhe, noch im Störgeräusch zwischen den Altersgruppen auf. In beiden Testbedingungen (mit/ohne Störgeräusch) erzielte die jüngere Trainingsgruppe im Mittel etwas höhere Werte. Die vorliegende Hypothese konnte statistisch nicht bestätigt werden.

*Hypothese 13: Korrelation zwischen auditivem Sprachverstehen und Versorgungsart (vgl. S. 98)*

Es wurde angenommen, dass ein Unterschied zwischen dem auditiven Sprachverstehen in Ruhe (1) und im Störgeräusch (2) in Abhängigkeit der Versorgungsart und der Versorgungsart (unilateral (UL), bilateral (BL), bimodal (BM)) besteht.

Weiter wurde überprüft, ob signifikante Unterschiede zwischen Probanden mit *bimodaler (CI und HG)*, *bilateraler und unilateraler CI-Versorgung* in Bezug auf das auditive Sprachverstehen vorlagen. Für den HSM-Satztest in Ruhe ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen Probanden mit bilateraler und unilateraler Versorgung nachweisen ( $p=0.438$ ). Probanden mit bilateraler Versorgung erzielten im Mittel jedoch etwas höhere Werte. Für den HSM-Satztest im Störgeräusch zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen Probanden mit bilateraler und unilateraler Versorgung ( $p=0.205$ ). Es zeigte sich allerdings, dass Probanden mit unilateraler Versorgung im Mittel etwas höhere Werte erzielten. Die Datenanalyse zwischen Probanden mit unilateraler und bimodaler Versorgung wies weder für den HSM-Satztest in Ruhe noch im Störgeräusch signifikante Unterschiede auf. Für beide Testbedingungen (Ruhe/Störgeräusch) zeigte sich, dass bimodal versorgte Probanden im Mittel höhere Werte im HSM-Satztest erzielten. Ein Vergleich der

Daten zwischen bilateral und bimodal versorgten Probanden demonstrierte lediglich im Störgeräusch signifikante Ergebnisse. Hier erzielten die bimodal versorgten Probanden im Mittel höhere Werte. Die vorliegende Hypothese konnte statistisch nicht bestätigt werden.

## **7.2 EVALUATION UND INTERPRETATION**

Betrachtet man die Ergebnisse der vorliegenden Studie muss festgestellt werden, dass ein auditives Satztraining, welches eine semantische Verarbeitung erfordert, einen positiven Einfluss auf die auditive Sprachwahrnehmung hat. Wie erwartet ergaben die Analysen der behavioralen Verhaltensdaten, dass die in den Stimulussätzen enthaltene *semantische Information* aufgrund ihrer größeren akustischen Salienz für die CI-Träger besser aus dem akustischen Signal zu extrahieren war, als morpho-syntaktische Regelverletzungen. Ebenso die Vervollständigung fragmentarischer, durch *Lücken* repräsentierter Wörter innerhalb eines Satzes gelang den Patienten in den meisten Fällen mühelos, obgleich hier nicht selten eine Substitution der Zielwörter, durch ähnliche, semantisch hinreichende Wörter zu beobachten war. Die Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass es sich bei den Prozessen der semantischen Integration um relativ robuste Prozesse handelt, auf welche ein reduzierter, durch die Hörschädigung bedingter, akustischer Input wenig Einfluss hat.

In der vorliegenden Studie können diese Beobachtungen sowohl bei der Betrachtung der Ergebnisse in den sprachaudiometrischen Untersuchungen nach dem jeweiligen Training, als auch bei der Analyse der Antwortreaktionen während des Hörtrainings bestätigt werden. Zwar waren für die CI-Träger in der qualitativen Beobachtung weniger Fehler zu verzeichnen<sup>25</sup> als für die morpho-syntaktische Bedingung, jedoch manifestierte sich der positive Einfluss des semantischen Trainings in einem höchst signifikant besseren auditiven Sprachverstehen ( $p < 0.001$ ) nach dem Training. Ferner scheint das semantische Training die Kapazität von top-down-Prozessen durch Einbezug kontextueller Hinweise zu stärken, welche beim analytischen Wahrnehmen von Wörtern im Satz fortgesetzt zu werden vermögen. Es ist allerdings zu vermuten, dass bei der Anwendung semantischer Vervollständigungsstrategien auch das Kliniksetting eine entscheidende Rolle spielte. Durch die Kliniksituation – und die Instruktion, die Sätze möglichst genau zu verstehen und anschließend ihre Korrektheit zu beurteilen– fokussierten die Probanden ihre ganze Aufmerksamkeit auf die einzelnen Wörter im Satz. Die Test- und Untersuchungsbedingungen können insofern als begünstigend für die

---

<sup>25</sup> Es ist anzumerken, dass es sich hierbei um einen deskriptiv festzustellenden Effekt handelte, dem statistisch nicht nachgegangen wurde.

korrekte auditive Wahrnehmung der inkongruenten Satzmerkmale gelten, als dass die Sätze von einem trainierten Sprecher mit gut verständlicher Sprechweise dargeboten wurden und die Durchführung der Testungen in ruhiger Umgebung die Vermeidung von die Patientenreaktionen negativ beeinflussenden Störgeräuschen ermöglichte.

Erwartungsgemäß bestätigen die Ergebnisse die Hypothese, dass die auditive Sprachwahrnehmung erwachsener, postlingual ertaubter CI-Träger durch die vorrangige Verarbeitung semantischer vor syntaktischer Informationen gekennzeichnet ist, d.h. das Bestreben, eine adäquate Satzinterpretation durch Kombinieren der individuellen Wortbedeutungen zu erfassen. Diese Art der semantischen Kompensation ließ sich vor Allem in der Trainingsbedingung beobachten, welche eine Substitution einzelner Zielwörter durch semantisch nicht in den Kontext passende Satzkonstituenten bedingte. Die kontextabhängige Verarbeitung scheint demnach robuster gegenüber Fehlern zu sein, als die Analyse syntaktischer Merkmale. Das auditive Sprachverstehen scheint zudem durch die Fokussierung der Aufmerksamkeit auf das einzelheitliche Wortverstehen ergänzt und begünstigt zu werden.

Hinsichtlich der auditiven Wahrnehmung akustisch wenig salienter Merkmale, konnte mit Hilfe der Fehleranalyse in der zweiten Trainingsbedingung gezeigt werden, dass die Detektion einer fehlerhaften *morpho-syntaktischen Regelanwendung* im akustischen Signal für die CI-Träger am problematischsten zu sein schien<sup>26</sup>. In diesem Zusammenhang konnte indessen beobachtet werden, dass Abweichungen in der syntaktischen Verarbeitung in Abhängigkeit von der akustischen Prominenz des syntaktischen Informationstyps auftreten und vor Allem für die Kommunikation nicht zwingend erforderliche morpho-syntaktische Elemente betreffen. Jene Vermutung wird bei der genauen Betrachtung der Fehlreaktionen gestützt und bestätigt eine hohe Fehleranfälligkeit für die Detektion inkorrekt markierter Pluralmarkierungen an femininen Nomen, der Irregularisierung regulärer Verben oder der Veränderung morphologischer Markierungen. Auffallend war hier, dass die mangelnde Detektion jener *feinen* morphologischen Fehlmarkierungen zu einer Kompensation bei den Patienten führte, welche sich in einer „Korrektur“ des Satzes zugunsten grammatischer Korrektheit äußerte. Eine solche als grammatische Kompensation zu betrachtende Verarbeitungsstrategie erscheint durchaus logisch für die im Training präsentierten Sätze, welche eine akustisch wenig prominente Manipulation gebundener Morpheme (z.B. Pluralmarkierungen, Suffixe) enthielten. Im Gegensatz dazu wies die Detektion morpho-

---

<sup>26</sup> Es ist anzumerken, dass es sich hierbei um einen deskriptiv festzustellenden Effekt handelte, dem statistisch nicht nachgegangen wurde.

syntaktischer Regelverletzungen im Sinne einer Passivierung intransitiver Verben, Kasus- und Tempusverletzungen ein eher störungsresistentes Analyseschema auf. Die linguistische Betrachtung der morpho-syntaktischen Regelverletzungen zeigt, dass Manipulationen freier Morpheme leichter zu detektieren sind, wohingegen die Wahrnehmung gebundener Morpheme schwieriger zu sein scheint. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass es sich bei freien Morphemen um in sich selbst inkorrekte Elemente handelte, wohingegen gebundene Morpheme nicht zwingend detailgetreu wahrgenommen werden müssen um den Inhalt eines Satzes zu verstehen. Die Detektion freier Morpheme erforderte damit zwingend eine Verarbeitung auf morpho-syntaktischer Ebene, wohingegen die Detektion gebundener Morpheme durch vorrangige Verarbeitung semantischer vor syntaktischer Information vollzogen werden kann und den Inhalt des Satzes nicht hinreichend verändern. Die von den CI-Trägern angewandte Strategie bei der Wahrnehmung von Manipulationen freier Morpheme, kann möglicherweise dadurch erklärt werden, dass die Fehlerdetektion in diesen Fällen nicht selten auf dem Erkennen der Relationen der verschiedenen Satzelemente zueinander beruht, wofür das Verstehen der einzelnen Wortbedeutungen genügt. Eine solche vorrangig semantische Verarbeitung, welche den CI-Trägern potentiell die Detektion der morphematischen Veränderungen freier Morpheme erlaubte, hätte für die Fehlererkennung der gebundenen Morpheme jedoch nicht gegriffen. Folglich legen diese Befunde den Schluss nahe, dass die Reduzierung des akustischen Inputs bei den CI-Trägern zu einer vorrangigen semantischen Verarbeitungsstrategie führen, welche zunächst versucht, auf der Basis kontextueller Informationen eine kohärente Satzrepräsentation herzuleiten. Ferner scheint die auditive Sprachverarbeitung hinsichtlich der Prozesse der akustisch wenig prominenten, syntaktischen Integration störungsanfälliger zu sein. Weiter erklären jene Beobachtungen auch die semantischen Korrekturprozesse bei der Vervollständigung der Lückensätze. Nicht selten war hier zu beobachten, dass die Patienten die im Satz enthaltenen Wortlücken durch eine semantische Passung vervollständigten. Ferner schien die Erwartungshaltung auf das zu erwartende Zielwort bereits vor Beendigung des Satzes einen Kontrollprozess zu aktivieren, welcher den Satz in Anbetracht seines Kontextes zu schließen schien. Die Befunde für die Verarbeitung semantischer Informationen im Rahmen einer vorliegenden, durch CI-versorgten Hörschädigung stehen damit auch in Einklang mit den in der Literatur berichteten Daten (z.B. Hahne, 2012, 1998; Hahne et al., 2001; Hahne & Jescheniak, 2001; Hahne & Friederici, 2002; siehe Abschnitt 1.5.2).

### **7.3 METHODENREFLEXION**

Im Hinblick auf die methodische Umsetzung der vorliegenden Studie lassen sich im Nachhinein einige Anmerkungen formulieren, die zu einer Optimierung der vorgestellten Untersuchungsmethode und Ergebnisinterpretation beitragen können.

#### **ANGEWANDTE TESTVERFAHREN**

Im Rahmen der durchgeführten sprachaudiometrischen Untersuchungen traten einige (psycho-) linguistische Fragestellungen auf. Das auditive Sprachverstehen mit dem Cochlea-Implantat wurde mit Hilfe des HSM-Satztests nach Hochmaier et al. (1997) erhoben und erlaubte eine Einschätzung der auditiven Sprachwahrnehmung auf Satzebene. Hierzu wurde der Prozentwert korrekt reproduzierter Wörter als Bezugsgröße herangezogen um das auditive Satzverstehen der Patienten in Ruhe und im Störgeräusch zu ermitteln und mit der Evaluation der Trainingsmethoden zu korrelieren. Trotz vorhandener einhelliger Kritik an der in der deutschsprachigen Routine-Audiometrie benutzten sprachaudiometrischen Verfahren und dem Vorhandensein alternativer Instrumente zur Erfassung sprachaudiometrischer Daten wie dem Oldenburger (Wagener, Kühnel, Kollmeier, 1999) oder dem Göttinger Satztest (Wesselkamp, 1992) wurde dem HSM-Satztest der Vorzug gewährt, da dieser unterschiedliche Satzstrukturen durch Nutzung von Frage-, Aussage- und Befehlssatzkonstruktionen abdeckt und eine Vorhersagbarkeit des Zielsatzes durch konsequent äquivalent vorhersagbare Satzstrukturen unterbindet. Der erreichte Prozentwert spiegelte zwar die Anzahl korrekt reproduzierter Wörter wider, die Ergebnisse gaben jedoch keinen eindeutigen Hinweis auf das auditive Verstehen von Wörtern und deren möglichen Folgen für die Interpretation der Untersuchungsleistungen. Ferner wird an dieser Stelle nicht ersichtlich, ob die Werte im HSM-Satztest wirklich die Wahrnehmung von einzelnen Wörtern im Satz widerspiegeln oder ob es sich hier nicht auch um die Anwendung von top-down-Prozessen handelt, welche eine Kombination und Vervollständigung fragmentarisch verstandener Satzteile aufgrund der Sinnhaftigkeit der dargebotenen Sätze ermöglicht. Um diese Frage adäquat beantworten zu können und in Ermangelung eines standardisierten, sprachaudiometrischen Verfahrens, welches beide Parameter ausschließt, müsste ergänzend zum HSM-Test ein Satztest durchgeführt werden, welcher sich durch Nicht-Vorhersagbarkeit auf semantischer Wortebene auszeichnet, so z.B. der Oldenburger-Satztest nach Wagener et al. (1999).

### **DARBIETUNG DES MATERIALS**

Die Betrachtung der Patientendaten während und nach Durchführung der semantischen, top-down-fördernden Bedingung wirft ein zweiseitiges Bild auf. Zwar zeigte die qualitative Beobachtung, dass die semantischen Inkongruenzen für die CI-Träger leichter zu identifizieren waren, jedoch manifestierte sich der positive Einfluss des semantischen Trainings in einem signifikant besseren auditiven Sprachverstehen ( $p \leq 0.001$ ) nach dem Training. Die reduzierten Fehlerhäufigkeiten in der semantischen Bedingung können möglicherweise auf Prozesse der strategischen Verarbeitung von prosodischen Merkmalen zurückgeführt werden. Betrachtet man die Fehlerarten in der jeweiligen Bedingung, so legen die semantischen Fehler die Vermutung nahe, dass das jeweilige substituierte Wort beim Vortragen eine kurze Unterbrechung des Sprechflusses bedingt, wohingegen morpho-syntaktische Manipulationen im Fall gebundener Morpheme ohne Unterbrechung vorgetragen werden können. Folglich ist es möglich, dass jene kurzen Sprechpausen des Sprechers dem Hörer einen Hinweis auf das folgende, semantisch inkongruente Wort gaben und damit die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Detektion erhöhten. Eine solche Interpretation erscheint auch plausibel im Hinblick darauf, dass die meisten der getesteten CI-Träger im Anschluss an das Experiment angaben, dass sie sich beim Verstehen der Sätze stark an rhythmischen Merkmalen orientierten. Um diesen prosodischen Hinweisen in künftigen Studien vorzubeugen wäre es ratsam, eine standardisierte Aufnahme des Satzmaterials anzubieten, welche von einem geübten Sprecher aufgenommen und vorgetragen wird. Nähere Ausführungen zur Empfehlungen für Folgestudien finden sich in Kapitel 7.5.

### **UMGEBUNGSBEDINGUNGEN**

In Bezug auf den zeitlichen Umfang des Trainings zusammen mit den Zwischentests stellte sich zunehmend die Frage nach möglichen Ermüdungseffekten der Probanden, welche die Ergebnisse nachhaltig negativ beeinflussen konnten. Aufgrund der mit der zentralen Exekutive in engem Zusammenhang stehenden Aufmerksamkeit kann letztendlich nicht sichergestellt werden, ob Einschränkungen des auditiven Satzverstehens auf die eingeschränkte Hörwahrnehmung oder infolge der langen Untersuchung auftretende Ermüdungseffekte zurückzuführen sind. Da jedoch die Überprüfung des auditiven Sprachverstehens sowie das auditive Satztraining ein erhöhtes Aufmerksamkeitsniveau erfordern, würde auch eine Veränderung des Untersuchungsablaufs die Problematik nicht beheben. Folglich könnte höchstens eine Testung der Probanden zu verschiedenen

Zeitpunkten diese Problematik ausschließen. In Anbetracht der subjektiven Höranstrengung und der auditiven Leistungen in Abhängigkeit individuell persönlicher Lebensumstände könnte eine Konstanthaltung der Umgebungsbedingungen an dieser Stelle jedoch nicht gewährleistet werden. Zudem ist zu erwähnen, dass sich die vorliegende Arbeit auf eine zwar für diese Untersuchung ausreichende, jedoch relativ kleine Stichprobe stützte. Um die Paradigmen besser validieren zu können, müsste auf der Grundlage eines umfangreicheren Datensatzes, d.h. mit Hilfe einer größeren Stichprobe gerechnet werden. Vor allem in Bezug auf die Datenanalyse vor und nach jedem Testzeitpunkt könnten hier die Variationen der Methodenabfolgen auf umfangreichere Datensätze gestützt werden und die Signifikanz jener Ergebnisse bestärken. In Bezug auf die regelmäßige Untersuchung des auditiven Sprachverstehens vor und nach jedem Training sowie zur deskriptiven Beobachtung der Antwortreaktionen während des Hörtrainings und angewandeter Kompensationsstrategien konnten die Studienbedingungen als ideal für die korrekte auditive Perzeption der manipulierten Inkongruenzen gelten, da die Sätze von einem trainierten Sprecher mit gut verständlicher Sprechweise vorgetragen wurden und die Durchführung des Experiments in ruhiger Umgebung die Unterdrückung von Störgeräuschen ermöglichte. In alltäglichen Situationen, in denen weder optimale Bedingungen für die korrekte Wahrnehmung von hier verwendeten morpho-syntaktischen Eigenschaften gegeben sind, noch die Aufmerksamkeit auf solche akustisch wenig prominenten Merkmale gelenkt ist, wäre möglicherweise zu erwarten, dass die provozierten Inkongruenzen überhaupt nicht erkannt worden wären.

### **EXPERIMENTELLE PARADIGMEN**

Im Rahmen der Untersuchung wurde sowohl semantisches Material zur Unterstützung von top-down-Prozessen als auch syntaktisches Material zur auditiven Sensibilisierung für morpho-syntaktische Informationen ausgewählt. Des Weiteren wurden Sätze angeboten, welche die Vervollständigung von Wortlücken durch das auditiv dargebotene Zielwort erforderte. Diese Auswahl wurde getroffen, da sie stabil grundlegende Merkmale der auditiven Sprachwahrnehmung und des damit verbundenen Satzverstehens widerspiegeln und sich deshalb zur Analyse eignen. Um die Ergebnisse der Studie noch bessern untermauern zu können wäre es sinnvoll, weitere experimentelle Paradigmen in die Analyse mit einzubeziehen: Ferner könnte der Einsatz sinnfreier Sätze dazu dienen, die akustische Wahrnehmung z.B. bei der Vervollständigung von Lückensätzen hinreichend auf die auditive Wahrnehmung von einzelnen Wörtern zu lenken, um noch differenzierte Aussagen über die

auditive Verarbeitung von Nonsenssätzen zu gewinnen und im Hinblick auf die Verarbeitung von Einzelwörtern zu interpretieren. Dadurch ließe sich die Äquivalenz der Paradigmen hinsichtlich dieser weiteren Parameter prüfen, wodurch man sich bei der Beantwortung der Frage nach der Repräsentativität der entwickelten Paradigmen auf umfassendere Resultate stützen könnte. Um zudem die im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit stehenden Frage nach der Abhängigkeit der auditiven Verarbeitung von der Salienz der sprachlichen Informationen genauer zu determinieren, wäre es in einem nächsten Schritt erforderlich, eine systematischere Variation der akustischen Salienz von verschiedenen sprachlichen Informationstypen vorzunehmen und objektive linguistische Kriterien, wie z.B. Transkription der Äußerungen, heranzuziehen. Ferner könnten auf diesem Wege Rückschlüsse von besonders störungsanfälligen Merkmalen auf akustische und technische Anpassungen des Hörsystems an bestimmte Frequenzbereiche geschlossen werden und die Qualität und Objektivität der Paradigmen verbessert werden.

Hinsichtlich der Quantität des verwendeten Satzmaterials empfiehlt sich eine noch größere Menge an darzubietenden Sätzen um inhaltliche Wiederholungen und geringere, deskriptive Fehlerraten aufgrund gedächtnisspezifischer Detektionsleistungen zu minimieren. Das im Rahmen der vorliegenden Studie verwendete Satzmaterial erwies sich als qualitativ sehr geeignet. Durch seine linguistisch ausbalancierten Eigenschaften, wie unter anderem die bewusst vermiedenen semantischen Bezüge, welche die Reproduktionsleistungen durch Assoziationen hätten beeinflussen können, die gute Vergleichbarkeit der Aufgaben zwischen den drei Trainingsbedingungen war es möglich, das Behandlungsverfahren kontrolliert durchzuführen und adäquat zu objektivieren.

### **7.4 KLINISCHE BEDEUTUNG DER STUDIE**

Vor dem Hintergrund der Leitfrage nach verminderten Sprachverständnisleistungen als Folge der Hörschädigung und deren individuellen Kompensationsstrategien betroffener Patienten bietet die vorliegende Untersuchung die Möglichkeit, eine Antwort auf diese zu finden. Die Analysen der ermittelten Daten geben Hinweise darauf, dass es sich beim auditiven Wort- und Satzverstehen um zwei voneinander unabhängige Prozesse handelt. Während im auditiven Satzverstehen höhere kognitive Wahrnehmungsebenen im Sinne von top-down-Prozessen aktiv sind, bildet das auditive Verstehen isoliert dargebotener Wörter einen hiervon unabhängigen Prozess, welcher durch die vorrangige bottom-up-Verarbeitung determiniert zu

sein scheint. Dadurch könnte der bisher geringe Kenntnisstand im Bereich der auditiven Satzverarbeitung bei erwachsenen CI-Trägern hinsichtlich komplexer kognitiver Aufgabenstellungen untersucht und um differenzierte Aussagen hinsichtlich der Verarbeitung unterschiedlicher syntaktischer Komplexität erweitert werden. Hierdurch ließen sich möglicherweise allgemeine oder individuelle Rückschlüsse für eine Optimierung der auditiven Rehabilitationsprozesse von CI-Patienten ziehen. Zusätzlich können gezielte Angaben zur Pathophysiologie und neuroplastischen Veränderungen kortikaler Areale vorgenommen werden, welche um Untersuchungen mittels bildgebender Verfahren zu erweitert wären. Besonders für das Fachgebiet der Audiologie und Hörgeschädigtenpädagogik wäre die Beantwortung dieser Leitfrage von großem Interesse, da es für die Rehabilitation nach CI-Versorgung von zentraler Bedeutung ist, die Pathophysiologie der auditiven Sprachverarbeitung differenziert zu untersuchen.

Erwartungsgemäß bestätigen die Befunde der vorliegenden Studie den positiven Einfluss höherer, mentaler Wahrnehmungsebenen auf das auditive Verstehen von Sätzen bei erwachsenen, postlingual ertaubten CI-Trägern, wohingegen das auditive Wortverstehen ohne Einbezug kontextueller Informationen einen hiervon abgekoppelten Prozess darzustellen scheint. Zudem legen deskriptive Beobachtungen die Vermutung nahe, dass jene Patienten vermehrt kognitive Strategien einsetzen um fragmentarisch verstandene Satzinhalte durch semantisch sinnvolle Alternativen zu vervollständigen. Die Analyse der ermittelten deskriptiven und interferenzstatistischen Daten lassen Rückschlüsse zur Optimierung auditiver Rehabilitationsmaßnahmen zu. Ferner bewegen jene Erkenntnisse zu einer Orientierung an vorliegenden Stärken, wohingegen eine defizitorientierte Therapieausrichtung in der auditiven Rehabilitation zumindest zu Therapiebeginn eher vernachlässigt werden sollte. Im Zuge evidenzbasierter Therapieplanungen könnte schneller mit einer gezielten audiologischen und/oder sprachtherapeutischen Intervention begonnen werden um die Ausprägung und Sekundärerkrankungen der Hörstörung möglichst gering zu halten. Durch die Klärung der Ursache–Folge-Beziehung von Hörschädigung und auditiver Wahrnehmung können demnach neue Ansatzpunkte für die inhaltliche Gestaltung einer umfassenderen logopädischen Therapie geschaffen werden. Des Weiteren erhielten Logopäden, Psychologen, Pädagogen und Audiologen neue Ansatzpunkte zur multidisziplinären Zusammenarbeit, um Patienten mit Hörschädigung eine optimierte Unterstützung bieten zu können.

**7.5 EMPFEHLUNGEN FÜR FOLGESTUDIEN**

Für Folgestudien wäre anzuraten, zusätzliche Untersuchungsparadigmen in die Analyse mit einzubeziehen, um somit die Qualität der Aussagen und Ergebnisse noch effizienter untersuchen zu können. Neben dem positiven Einfluss kognitiver Wahrnehmungsebenen auf die auditive Satzverarbeitung zeigte die deskriptive Auswertung der erhobenen Befunde, dass CI-Träger nicht selten die Strategie der semantischen Kompensation nutzen, um akustisch nur fragmentarisch verstandene Satzinhalte mit kontextsinnigen Inhalten zu vervollständigen. Die Befunde lassen vermuten, dass bei den postlingual ertaubten CI-Trägern eine funktionelle Reorganisation im Sprachverstehenssystem stattgefunden hat. Daraus kann allerdings nicht geschlussfolgert werden, dass jene funktionellen Umstrukturierungen neuronal bedingt sind. Auch kann im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine Evidenz dafür gefunden, dass jene Abweichungen modalitätsübergreifend stattgefunden haben und andere kognitive Funktionen des Sprachverstehens nachhaltig beeinflusst wurden. Hierzu müssten Studien durchgeführt werden, welche sich bildgebender Untersuchungsverfahren bedienen und modalitätsspezifische Zusammenhänge des kognitiven Sprachverstehens bei erwachsenen, postlingual ertaubten CI-Trägern abbilden und mit Hilfe moderner Bildgebung verifizieren. Weiter könnte eine ergänzende Untersuchung des visuellen Sprachverstehens Aufschluss über modalitätsübergreifende Veränderungen innerhalb des Sprachverstehenssystems geben. Neuronale Veränderungen dieser Art werden allerdings nicht vermutet-vielmehr scheinen die CI-Träger auf bereits bestehende sprachverarbeitende Strukturen zurückzugreifen und diese kompensatorisch zu nutzen (vgl. Giraud et al., 2001c).

Um ein detaillierteres Bild des auditiven Sprachverstehens mit Cochlea-Implantat(en) zu entwickeln, werden die Ergebnisse der hier vorgestellten Arbeit in verschiedener Hinsicht zu spezifizieren sein. So werden weitere Untersuchungen Aufschluss darüber geben müssen, ob sich der positive Einfluss höherer kognitiver top-down-Prozesse wie Erwartung, Wissen, Emotion, gleichermaßen im auditiven Satzverstehen bei sequentiell wie simultan bilateral CI-versorgten Patienten nachweisen lassen. Eine Untersuchung erscheint notwendig hinsichtlich der Frage, ob sequentiell bilateral versorgte CI-Träger auf bestehende Strukturen innerhalb des sprachverarbeitenden Systems zurückgreifen und die auditive Sprachwahrnehmung mit dem zweiten CI beeinflussen. Ferner lässt dies die Vermutung zu, dass sequentiell mit CI versorgte Patienten jene bereits erworbenen Fähigkeiten nutzen und anwenden, wohingegen simultan mit CI versorgte Patienten die Fähigkeit zur strategischen Kompensation erst aufbauen und erlernen müssten. Zudem von großem Interesse könnte eine Untersuchung von

Abweichungen im Prozess des auditiven Sprachverstehens bei prälingual ertaubten, mit einem CI versorgten Patienten sein. Im Gegensatz zu postlingual ertaubten CI-Trägern, deren Hörverlust sich erst nach abgeschlossenem Spracherwerb manifestierte, hat hier der Aufbau mentaler Repräsentationen bereits auf Grundlage eines verminderten akustischen Inputs stattgefunden. Ferner stellt sich die Frage, ob jene beschriebenen kompensatorischen Strategien durch Inkongruenzen mit den auf natürlichem sprachlichen Input aufgebauten mentalen Repräsentationen bedingt sind, oder auch dann Anwendung finden wenn mentale sprachliche Repräsentationen bereits auf Grundlage eines reduzierten akustischen Sprachinputs erworben wurden. Im Rahmen dieser Überlegungen stellt sich zudem die Frage, ob sich die bei den Patienten der vorliegenden Stichprobe beobachtbaren semantischen Kompensationsstrategien bereits in jener der CI-Versorgung vorausgehenden Zeit der Gehörlosigkeit herausbildeten oder jene Mechanismen Folge des mit dem CI einhergehenden veränderten Höreindrucks sind. Diese Frage kann mit den berichteten Daten der vorliegenden Arbeit nicht eindeutig beantwortet werden. Zur Spezifizierung dieser Fragestellung bietet es sich an, die Patientenstichprobe nach Gruppen unterschiedlichen Höralters zu separieren und die Dauer der Gehörlosigkeit in die Analysen miteinzubeziehen. Unabhängig von der spezifischen Fragestellung könnte eine Vergrößerung der Stichprobe in jedem Fall zur Qualitätssicherung beitragen, da die Untersuchungsergebnisse so anhand eines umfangreicheren Datensatzes evaluiert und bestätigt werden könnten.

Für Folgestudien wäre zudem ratsam, das verwendete Satzmaterial in Form von Tonaufnahmen zu präsentieren, um eine standardisierte Darbietung des Übungsmaterials zu gewährleisten, welches ebenso für die häuslichen Übungen heranzuziehen ist. Ferner könnten Störfaktoren wie Sprecherwechsel, variierende Sprechgeschwindigkeit und Lautstärke beim Vortragen der Sätze, auf diesem Wege besser kontrolliert werden. Weiter würde die Nutzung standardisierter Tonaufnahmen verhindern, dass-speziell für die häusliche Übungssituation-Hinweise auf das Zielwort durch Veränderung der Prosodie oder Betonungsmuster des Sprechers gegeben werden.

### 7.6 FAZIT

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, sowohl aufgabenspezifische Aspekte des auditiven Satzverstehens als auch kompensatorische Sprachwahrnehmungsprozesse theoriegeleitet hinsichtlich ihrer Bedeutung in der CI-Rehabilitation zu analysieren. Es konnte

dabei nachgewiesen werden, dass der Einbezug höherer, mentaler Wahrnehmungsebenen – insbesondere *top-down-Prozesse* - einen positiven Einfluss auf das auditive Verstehen von Sätzen hat und erwachsene CI-Träger vor Allem dann von einem auditiven Training profitieren, wenn jene kognitiven Prozesse im Hörtraining berücksichtigt werden. Ergänzend belegten die Ergebnisse der vorliegenden Studie die Vermutung, dass CI-Träger beim auditiven Satzverstehen des durch das CI bedingte teilweise reduzierte akustische Informationsübertragung, alternative Verstehensstrategien anzuwenden scheinen, welche sich durch eine vorrangig semantische Erfassung der Satzinhalte auszeichnen. Abschließend bleibt festzuhalten, dass das Wissen über den Satzzusammenhang die Wahrnehmung dessen in zweierlei Hinsicht zu beeinflussen scheint: Einerseits scheint es die Wahrnehmung der sensorischen Informationen bei herabgesetzten Wahrnehmungsqualitäten zu unterstützen und zu erleichtern. Andererseits scheint es die Wahrnehmung sensorischer Informationen dahingehend zu beeinflussen, dass eine bestimmte Erwartungshaltung zur Wahrnehmung eines ähnlichen, semantisch passenden Wortes oder sogar eines nicht real dargebotenen Lautes führen kann. Zusammenfassend sind die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zunächst im Kontext der auditiven Rehabilitationsforschung von Bedeutung. Hierdurch lassen sich möglicherweise allgemeine oder individuelle Rückschlüsse für eine Optimierung und individuelle Ausrichtung der Rehabilitationsprozesse von CI-Patienten ziehen. Zusätzlich können eventuell noch gezielte Angaben zum auditiven Satzverstehen und höheren, kognitiven Wahrnehmungsprozessen vorgenommen werden. Damit scheint gerade im therapeutischen Bereich ein Ansatzpunkt zu liegen, um die derzeit vor allem unter theoretischen Gesichtspunkten interessanten Ergebnisse zum Sprachverstehen mit Cochlea-Implantat in eine praktische Anwendung zu überführen.

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

**ASHA:** American Speech-Language-Hearing Association. (2005). (Central) Auditory Processing Disorders—The Role of the Audiologist [Position statement]. Available at [www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default](http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default).

**Bavelier, D. & Neville, H.J.** (2002). Cross-modal plasticity: where and how? *Nature Reviews Neuroscience* 3: 443–452.

**Bellis, T.J. & Ferre, J.M.** (1999). A Multidimensional approach to the differential diagnosis of central auditory processing disorders in children. *Journal of the American Academy of Audiology* 10 (6): 319-28.

**Bellis, T. J.** (2003). *Assessment and Management of Central Auditory Processing Disorders* (2. Auflage). New York: Thomson Delmar Learning.

**Berwick, R.C., Friederici, A.D., Chomsky, N., Bolhuis, J.J.** (2013). Evolution, brain, and the nature of language. *Trends in Cognitive Neuroscience* 17 (2): 89–98.

**Billich, P.** (1981). *Heidelberger CVC – Audiometrie, Entwicklung und Erprobung*. Heidelberg: Median Verlag.

**Binzer, S. M.** (2002). The future of the past in aural rehabilitation. *Seminars in Hearing*, 23: 3-12.

**Bloom, S.** (2004). Technologic advances raise prospects for a resurgence in use of auditory training. *The Hearing Journal* 57 (8): 19-23.

**Böhme, G.** (2006) *Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen*. Bern: Verlag Hans Huber.

**Boenninghaus, H.G. & Lenarz, T.** (2007). *HNO*. (13. Auflage). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

**Boob, F. & Mansholt, F.** (2000). *Kompendium Audiotherapie des DSB. Das Pilotprojekt*. Stuttgart: unveröffentlichtes Manuskript, bezogen über den DSB.

**Boothroyd, A.** (2007). Adult Aural Rehabilitation: What is it and does it work? *Trends in Amplification 11* (2): 63-71.

**Bortz, J. & Döring, N.** (2006). *Qualitative Befragung*. In: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human-und Sozialwissenschaftler* (4. Auflage). Hrsg. Bortz, J., Döring, N. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

**Brooks, P.L.,** Frost, B.J., Mason, J.L. & Gibson, D.M. (1986). Continuing evaluation of the Queen's University Tactile Vocoder. 11. Identification of open set sentences and tracking narrative, *Journal of Rehabilitation Research and Development 23*: 129- 138.

**Buller, N & Ptok, M** (2001) Basale und auditive Verarbeitungsfähigkeit und phonologische Bewusstheit im Vorschulalter. *Vortrag zur 1. Jahrestagung der Gesellschaft für Aphasieforschung – und behandlung in Bielefeld vom 1. – 3.11.2001*.

---

158

**Chwilla, D. J.,** Brown, C. M., & Hagoort, P. (1995). The N400 as a function of the level of processing. *Psychophysiology 32*: 274-285.

**Coninx, F.** (2005). *Konstruktion und Normierung des Adaptiven Auditiven Sprach-Test (AAST)*. 100 Jahre Phoniatrie in Deutschland. 22. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie, 24. Kongress der Union der Europäischen Phoniater. Berlin.

**Cowan, R.S.C.,** Blamey, P.J., Sarant, J.Z., Galvin, K.L., Alcantara, J.I., Whitford, L.A. & Clark, G.M. (1991). "Role of a multichannel electro tactile speech processor in a cochlear implant program for profoundly hearing impaired adults", *Journal of the Acoustical Society of America 12*: 39-46.

**CSHA:** California Speech-Language-Hearing Association's. (2002). Guidelines for the Diagnosis & Treatment for Auditory Processing Disorders. [Csha.org/Positionspaper/CAPD.pdf](http://Csha.org/Positionspaper/CAPD.pdf)

**De Filippo, C.L. & Scott, B.L.** (1978). A method for training the reception of ongoing speech. *Journal of the Acoustical Society of America* 63: 1186-1192.

**De Filippo, C.L.** (1984). Laboratory projects in tactile aids to lipreading. *Ear & Hear* 5: 211-227.

**De Filippo, C.L.** (1988). Tracking for speechreading training. *Volta Review* 90: 215- 239.

**De Filippo, C.L.,** Lansing, C.R., Elfenbein, J.L., Kallaus-Gay, A., & Woodworth, G.G. (1994). Deriving passage difficulties for a tracking study via the close technique. *Journal of the American Academy of Audiology* 5: 366-378.

**De Maddalena, H.** (2006). *Psychosoziale und kognitive Einflussfaktoren bei Schwerhörigkeit im Alter*. Vortrag auf der 9. Jahrestagung der DGA in Köln.

**De Vincenci, M.** (1991). *Syntactic Parsing Strategies in Italien*. Dordrecht: Kluwer.

159

---

**Dempsey, J.J.,** Levitt, H., Josephson, J. & Porrazzo, J. (1992). Computer-assisted tracking simulation (CATS). *Journal of the Acoustical Society of America* 92: 701-7 10.

**Dillier, N. & Spillmann, T.** (1992). *Deutsche Version der Minimal Auditory Capability (MAC)-Test-Batterie, Anwendungen bei Hörgeräte- und CI-Trägern mit und ohne Störlärm*. In: Kollmeier (Hrsg.) *Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie*, 238-263, *Audiologische Akustik*. (Band 1). Median, Heidelberg.

**Dillon H.** (2001). *Binaural and bilateral considerations in hearing aid fitting*. Hearing Aids, Boomerang press. New York, Stuttgart: Thieme, 370-403.

**Dombrowski, E.** (2003). *Semantic features of accent contours. Effects of F0 peak position and F0 time shape*. In: Proc. 15th ICPhS, Barcelona, 1217-1220.

- Dowell, R.C.,** Brown, A.M., Seligman, P.M. & Clark, G.M., (1985). *Patient results for a multiple-channel cochlear prosthesis.* In: R.A. Schindler & M.M. Merzenich, eds., *Cochlear Implants*, New York: Raven Press, 421-431.
- Eder, R.** (2005). Zentrale Hörstörungen – Diagnostik und Therapieansätze. *Zeitschrift für Medizinische Psychologie 14*: 149-158.
- Eggermont, J.J. & Ponton, C.W.** (2003). Auditory-evoked potential studies of cortical maturation in normal hearing and implanted children: correlations with changes in structure and speech perception. *Acta Oto-Laryngologica 123*: 249-252.
- Erber, N. P.** (1982). *Auditory Training.* Bell Association for the Deaf & Hard of Hearing, Incorporated, Alexander Graham.
- Ferre, J. M.** (2001). *Behavioral therapeutic approaches for central auditory problems.* In: *Handbook of Clinical Audiology* (5. ed.) Philadelphia [u.a.]: Lippincott Williams & Wilkins; 525 – 531.
- Finney, E. M.; Fine, I., Dobkins, K. R.** (2001). Visual Stimuli Activate Auditory Cortex in the Deaf. *Nature Neuroscience 4*: 1171-1173.
- Fodor, J.D.** (1978). Parsing strategies and constraints on transformations. *Linguistic Inquiry 9*: 427-477.
- Fischer, B.** (2006). *Hören, Sehen, Blicken, Zählen. Teilleistungen und ihre Störungen* (2. Auflage). Bern: Huber.
- Fischler, L. & Bloom, P. A.** (1979). Automatic and attentional processes in the effects of sentence contexts on word recognition. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 18*: 1-20.
- Fischler, L. & Bloom, P. A.** (1980). Rapid processing of the meaning of sentences. *Memory & Cognition 8*: 216-225.

**Frazier, L.** (1978). *On comprehending sentences: Syntactic parsing strategies*. Bloomington: Indiana University Linguistics Club.

**Frazier, L. & Rayner, K.** (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology* 14: 178-210.

**Frazier, L.** (1987). *Sentence Processing: A tutorial review*. In: Coltheart, M. (ed.) *Attention and Performance XII: The Psychology of Reading*. Hillsdale: LEA. 559-586.

**Frazier, L.** (1990). *Parsing modifiers: Special-purpose routines in the human sentence processing mechanism ?* In Balota, D. A.; Flores d'Arcais, G. B. & Rayner, K. (Eds.), *Comprehension processes in reading*. Hillsdale: LEA. 303-330.

**Frazier, L.** (1995). Constraint satisfaction as a theory of sentence processing. *Journal Psycholinguistic Research* 24 (6): 437-468.

---

161

**Frazier, L. & Flores d'Arcais, G.B.** (1989). Filler-driven parsing: a study of gap filling in Dutch. *Journal of Memory and Language* 28: 331-344.

**Freudenberg, M., Honekamp, A., Mende, M. & Zückner, H.** (1994): Textarbeit mit Aphasikern. In: *Forum Logopädie* 2: 7-10.

**Friederici, A.D., Pfeifer, E., Hahne, A.** (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: Effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research* 1: 183-192.

**Friederici, A.D.** (1995). The time course of syntactic activation during language processing: A model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and Language* 50: 259-281.

**Friederici, A. D.** (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences* 6: 78-84.

**Friederici, A. D.,** Hahne, A. & Saddy, D. (2002) Distinct neurophysiological patterns reflecting aspects of syntactic complexity and syntactic repair. *Journal Psycholinguistic Research* 31: 45-63.

**Friederici, A.D. & Kotz, S.A.** (2003). The brain basis of syntactic processes: Functional imaging and lesion studies. *NeuroImage* 20: 8-S17.

**Friederici, A.D.;** Gunter, T.C.; Hahne, A.; Mauth, K. (2004). The relative timing of syntactic and semantic processes in sentence comprehension. *Neuroreport* 15 (1): 165-9.

**Friederici, A.D. & Wartenburger, I.** (2010). Language and brain. *Wiley Interdiscip Rev: Cognitive Sciences* 1: 150-9.

**Friederici, A. D.,** Kotz, S.A., Scott, S.K., Obleser, J. (2010). Disentangling syntax and intelligibility in auditory language comprehension. *Human Brain Mapping* 31: 448-457.

**Frisch, S.;** Hahne, A.; Friederici, A.D. (2004). Word category and verb--argument structure information in the dynamics of parsing. *Cognition* 91 (3):191-219.

**Fu, Q.,** Galvin, J., Wang, X. and Nogaki, G. (2005). Moderate auditory training can improve speech performance of adult cochlear implant patients. *Acoustical Research Letter online* 6 (3): 106-111.

**Fu, Q.-J. & Galvin, J.J.** (2008). Maximizing cochlear implant patients' performance with advanced speech training procedures. *Hearing Research* 242:198–208.

**Geers, A.** (2002). New frontiers in the amelioration of hearing loss: Part I – Aural rehabilitation and sensory aids. *Seminars in Hearing* 23: 3-103.

**George, C.R.,** Cafarelli, D., Sheridan, C., Haacke, N. (1995). Preliminary findings of the new Spectra 22 speech processor with first-time cochlear implant users. *Annals of Otolology, Rhinology, and Laryngology* 166 (Supl. September): 272–275.

**Gillam, R. B.;** Frome Loeb, D. & Friel-Patti, S. (2001). Looking back: a summary of five exploratory studies of Fast ForWord. In: *American Journal of Speech-Language Pathology* 10: 269 – 273.

**Giraud, A.-L.,** Truy, E., Frackowiak, R. S. J., Grégoire, M.-C., Pujol, J.-F., & Collet, L. (2000). Differential recruitment of the speech processing system in healthy subjects and rehabilitated cochlear implant patients. *Brain* 123: 1391-1402.

**Giraud, A.-L.,** Price, C. J., Graham, J. M., & Frackowiak, R. S. J. (2001a). Functional plasticity of language-related brain areas after cochlear implantation. *Brain* 124: 1307-1316.

**Giraud, A.-L.,** Price, C. J., Graham, J. M., Truy, E., & Frackowiak, R. S. J. (2001b). Cross-modal plasticity underpins language recovery after cochlear implantation. *Neuron* 30: 657-663.

**Giraud, A. L.,** Truy, E., Frackowiak, R. (2001c). Imaging plasticity in cochlear implant patients. *Audiology & Neuro-Otology* 6: 381-393.

**Giraud, A.-L., & Truy, E.** (2002). The contribution of visual areas to speech comprehension: A PET study in cochlear implants patients and normal-hearing subjects. *Neuropsychologia* 40: 1562-1569.

**Gorrell, P.** (1995). *Syntax and Parsing*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

**Gosselina, P.A. & Gagnéa, J.-P.** (2011). Older Adults Expend More Listening Effort Than Young Adults Recognizing Speech in Noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 54: 944-958.

**Gray, R.F.,** Quinn, S.J., Court, I., Vanat, Z., Baguley, D.M. (1995). Patient performance over eighteen months with the Ineraid intracochlear implant. *Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology* 166 (Suppl. September): 275–277.

**Grodner, D.,** Gibson, E. & Watson, D. (2005). The influence of contextual contrast on syntactic processing: Evidence for strong-interaction in sentence comprehension. *Cognition* 95: 275-296.

**Hahne, A.** (1998). *Charakteristika syntaktischer und semantischer Prozesse bei der auditiven Sprachverarbeitung*. Diss. FU Berlin, MPI Series in Cognitive Neuroscience. (Band 1.)

**Hahne, A. & Jescheniak, J.D.** (2001). What's left if the Jabberwock gets the semantic? An ERP investigation into semantic and syntactic processes during auditory sentence comprehension, *Cognitive Brain Research* 11:199-212.

**Hahne, A., & Friederici, A.D.** (2001). Processing a second language: Late learners' comprehension strategies as revealed by event-related brain potentials. *Bilingualism: Language and Cognition* 4: 123-141.

**Hahne, A.,** Wolf, A., Kiefer, J., & Müller, J. (2001). Prozesse des Satzverstehens bei Cochlear-Implant-Trägern: Hirnelektrische Evidenz für ein Primat der Bedeutungsverarbeitung. *Zeitschrift für Audiologie* IV: 27-29.

**Hahne, A. & Friederici, A.D.** (2002). Differential task effects on semantic and syntactic processes as revealed by ERPs. *Cognitive Brain Research* 13: 339-356.

**Hahne, A.** (2010). *Hirnpotentialmessungen zum freien Satzverstehen bei erwachsenen Cochlea-Implant-Training*. Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. 27. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie (DGPP). Aachen, 17.-19.09.2010. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House.

**Hahne, A.,** Wolf, A., Müller, J., Mürbe, D. & Friederici, A. D. (2012). Sentence comprehension in proficient adult cochlear implant users: On the vulnerability of syntax. *Language and Cognitive Processes* 27 (7-8): 1192-1204.

**Hammer, S.** (2012). *Stimmtherapie mit Erwachsenen: Was Stimmtherapeuten wissen sollten*. Springer.

**Herrmann, B.;** Maess, B.; Hahne, A.; Schröger, E.; Friederici, A.D. (2011). Syntactic and auditory spatial processing in the human temporal cortex: an MEG study. *NeuroImage* 57 (2): 624-33.

**Herzogenrath, M.** (2008). *Besser hören mit CI – Hörtraining für CI-Träger und Therapeuten*. Siegen: Selbstverlag Marlis Herzogenrath.

**Hesse, G.,** Nelting, M., Mohrmann, B., Laubert, A., & Ptok, M. (2001). Die stationäre Intensivtherapie bei auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen im Kindesalter. *HNO* 49: 636-641.

**Hesse, G.** (2004). *Altershörigkeit. Audiometrische Befunde zur Differenzierung peripherer und zentraler Anteile der Hörfähigkeit im Alter*. Habilitationsschrift. Lehrstuhl für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde der Universität Witten-Herdecke.

**Heydebrand, G.,** Hale, S., Potts, L., Gotter, L., & Skinner, M. (2007). Cognitive predictors of improvements in adults' spoken word recognition six months after cochlear implant activation. *Audiology & Neurotology* 12: 254-264.

**Hirsh, I.** (1948). "The influence of interaural phase on interaural summation and inhibition," *Journal of the Acoustical Society of America* 20: 536–544.

**Hochmair-Desoyer I.,** Schulz E., Moser L., Schmidt M. (1997). The HSM-Satztest- Sentence test as a tool for evaluating the speech understanding in noise of cochlear implant users. *The American Journal of Otology* 18 (6): 83.

**Horn, W.** (1983). *LPS – Leistungsprüfsystem* (2. erweiterte Auflage). Göttingen: Hogrefe.

**Howard, C.S.,** Munro, K.J. & Plack, C.J. (2010). Listening effort at signal-to-noise ratios that are typical of the school classroom. *International Journal of Audiology* 26: 928 - 932.

**Isaacson, R. & Pribram, K.** (1986): *The Hippocampus* (Vol 4). New York: Plenum Press.

**Ivnik, R., Scharbough, F., Laws, E.** (1987). Effects of anterior temporal lobectomy on cognitive functions. *Journal of Clinical Psychology* 43: 128-137.

**Jackendoff, R.** (1999). *The representational structures of the language faculty and their interactions*. In: Brown, C. M. & Hagoort, P. (eds.) *The neurocognition of language*. Oxford: University Press. 37-79.

**Karch, D.; Uttenweiler, V.; Groß-Selbeck, E.; Kruse, E; Rating, D; Ritz, A.; Schlack, H.G. & Wedel, H.** (2000). *Hörtraining nach Tomatis und Klangtherapie*. In: Millner, Michael (Hrsg.): *Aktuelle Neuropädiatrie 1999*. Nürnberg: Novartis Pharma Verlag. 334 – 247.

**Katz, J.** (1962). The use of staggered spondaic words for assessing the integrity of the central auditory nervous system. *Journal of Auditory Research* 2: 327-337.

**Katz, J.** (1968). The SSW Test: An Interim Report. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 33: 132-146.

**Katz, J.** (1983): Phonemic synthesis, in Lasky EZ, Katz J (eds): *Central Auditory Processing Disorders: Problems of Speech, Language and Learning*. Austin, Tex, Pro-Ed.269-295.

**Katz, J.** (1968). The SSW Test: An Interim Report. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 33: 132-146.

**Katz, J.** (1977). The Staggered Spondaic Word test. In R. Keith (Ed.), *Central Auditory Dysfunction* ( 103-121). New York: Grune & Stratton.

**Katz, J.** (1992). Classification of auditory processing disorders. In J. Katz, N. Stecker, D. Henderson (Eds.), *Central Auditory Processing: A Transdisciplinary View* (81-92). Chicago: Mosby Yearbook.

**Katz, J.** (1998). Central auditory processing and cochlear implant therapy. In M.G. Masters, N. Stecker, J. Katz (Eds.), *Central Auditory Processing Disorders: Mostly Management*. Boston: Allyn & Bacon. 215-232.

**Kelly, A.S., Purdy, S.C., Thorne, P.R.** (2005). Electrophysiological and speech perception measures of auditory processing in experienced adult cochlear implant users. *Clinical Neurophysiology 116*: 1235-1246.

**Klinke, R.** (1995). *Hören und Sprechen*. In: Schmidt, Robert F. & Thews, G. (Hrsg.): *Physiologie des Menschen* (26. Auflage) Berlin [u.a.]: Springer. 258 – 277.

**Klicpera, C. & Gasteiger-Klicerpa, B.** (1996). Auswirkungen des zentralen Hörvermögens nach edukinesiologischen Konzepten auf Kinder mit Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten. *Zeitschrift für Pädagogik und Psychologie bei Behinderungen 2*: 57-64.

**Kompe, R., A. Kießling, H. Niemann, E. Nöth, A. Batliner, S. Schachtl, T. Ruland, und H. U. Block** (1997). *Improving parsing of spontaneous speech with the help of prosodic boundaries*. In: IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Munich 2: 811–814.

**Kral, A., Tillein, J., Heid, S., Hartmann, R., Klinke, R.** (2005). Postnatal cortical development in congenital auditory deprivation. *Cerebral Cortex 15*: 552–562.

**Kral, A., Tillein, J., Heid, S., Klinke, R., Hartmann, R.** (2006). Cochlear implants: cortical plasticity in congenital deprivation. *Progress in Brain Research 157*: 283–313.

**Kral, A.** (2007). Unimodal and cross-modal plasticity in the ‘deaf’ auditory cortex. *International Journal of Audiology 46*: 479-493.

**Kral, A. & Eggermont, J.J.** (2007): What’s to lose and what’s to learn: development under auditory deprivation, cochlear implants and limits of cortical plasticity. *Brain Research Reviews 56* (1): 259-269.

**Kraus, N., McGee, T., Carrell, T., Zecker, S., Koch, D.** (1996). Auditory neurophysiologic responses and discrimination deficits in children with learning problems. *Science* 273: 971-973.

**Kühn-Inacker, H. & Weinmann, S.** (2000). Training der Ordnungsschwelle – Ein Ansatz zur Förderung der Sprachwahrnehmung bei Kindern mit einer Zentral Auditiven Verarbeitungsstörung (ZAVS). *Sprache Stimme Gehör* 24: 119-125.

**Lauer, N.** (1999). *Zentral-auditive Verarbeitungsstörungen im Kindesalter*. Grundlagen, Klinik, Diagnostik, Therapie (3. Auflage). Stuttgart: Thieme Verlag.

**Lehnhardt, E. & Laszig, R.** (2009). *Praxis der Audiometrie*. Stuttgart: Thieme Verlag.

**Lenarz, M., Sönmez, H., Joseph, G., Büchner, A., Lenarz, T.** (2012). Cochlear implant performance in geriatric patients. *Laryngoscope* 122 (6):1361-1365.

**Lepore, F., Ptito, M., Guillemot, J-P.** (1986). *The role of the corpus callosum in midline fusion*. In F. Lepore, M. Ptito, & H. H. Jasper (Eds.), *Two hemispheres – one brain. Functions of the corpus callosum*. New York: Alan R. Liss, Inc.

**Lesner, S.A. & Kricos, P.B.** (1987). Tracking as a communication enhancement strategy with nursing home residents. *Journal of the Academy of Rehabilitative Audiology* 20: 39-48.

**Levitt, H., Waltzman, S.B., Shapiro, W.H., & Cohen, N.L.** (1986). "Evaluation of a cochlear prosthesis using connected discourse tracking", *Journal of rehabilitation research and development* 23: 147-154.

**Loeb, G.E. & Kessler, D.K.** (1995). Speech recognition performance over time with the Clarion cochlear prosthesis. *Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology*, 166 (Suppl. September): 290–292.

**Luria, A.R.** (1966). *Higher Cortical Functions in Man*. New York: Basic Books. 103-113.

**Luria, A.R.** (1977). *Traumatic Aphasia*. The Hague, Mouton: 176-178.

**Maas, U.** (2006). *Phonologie: Einführung in die funktionale Phonetik des Deutschen*. (2. Ausgabe). Vandenhoeck & Rupprecht.

**Martin, L., Tong, Y.C. & Clark, G.M.** (1981). "A multi-channel cochlear implant", *Archives of Otolaryngology* 107: 157- 159.

**Marslen-Wilson, W. D., Tyler, L. K., Warren, P., Grenier, P., & Lee, C. S.** (1992). Prosodic effects in minimal attachment. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 45A: 73-87.

**Mayer, H.** (2007). *Pflegeforschung anwenden. Elemente und Basiswissen für Studium und Weiterbildung*. (2. Auflage). Wien: Facultas.

**McAdams, S. & Bigand, E.** (1993). *Thinking in sound: the cognitive psychology of human audition*. Oxford: Carendon Press.

**McCoy, S., Tun, P.A., Cox, L.C., Colangelo, M., Stewart, R.A., Wingfield, A.** (2005) Hearing loss and perceptual effort: Down-stream effects on older adults' memory for speech. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 58 A (1): 22-33.

**Mecklenburg, D.J., Dowell, R.C., & Clark, G.M.** (1987). *Speech tracking: Verfahrensweise und Ergebnisse*. In E. Lehnhardt & M. S. Hirshorn (Ed.), *Cochlear implant* Berlin: Springer-Verlag. 153-159.

**Medwetsky, L.** (2001): *Central auditory processing testing*. A battery approach. In: *Handbook of Clinical Audiology* (5. ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 510 – 524

**Miller, G.A.** (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 63 (2): 81–97.

**Murch, G.M. & Woodworth, G.L.** (1978). *Wahrnehmung*. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 11-31, 152-164.

**Musiek, F.E.;** Baran, J.; Schochat, E (1999). Selected management approaches to central auditory processing disorders. *Scandinavian Audiology* 28 (51): 63-76.

**Musiek, F.E.,** Shinn, J.; Hare, C. (2002). Plasticity, auditory training, and auditory processing disorders. In: *Seminars in Hearing* 4: 263 – 276.

**Musiek, F.E. & Oxholm, V.B.** (2003). *Central auditory anatomy and function*. In: Textbook of audiological medicine. London: Martin Dunitz; 179– 198.

**Naito, Y.,** Hirano, S., Honjo, I., Okazawa, H., Ishizu, K., Takahashi, H., Fujiki, N., Shiomi, Y., Yonekura, Y., & Konishi, J. (1997). Sound-induced activation of auditory cortices in cochlear implant users with post- and prelingual deafness demonstrated by positron emission tomography. *Acta Oto-Laryngologica (Stockholm)* 117: 490-496.

---

170

**Naito, Y.,** Tateya, I., Fujiki, N., Hirano, S., Ishizu, K., Nagahama, Y., Fukuyama, H., & Kojima, H. (2000). Increased cortical activation during hearing of speech in cochlear implant users. *Hearing Research* 143: 139-146.

**Nickisch, A.** (1999). Ordnungsschwellenwerte im Vor- und Grundschulalter. *Sprache Stimme Gehör* 23: 63-70.

**Nickisch, A.** (2007). Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS). *Forum der Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 7-24.

**Nickisch, A.,** Gross, M., Schönweiler, R., Uttenweiler, V., Am Zehnhoff-Dinnesen, A., Berger, R., Radü, H.-J., Ptok, M. (2007): Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen. Konsensus-Statement der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. In: *HNO*, 55: 61 – 72. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

**Niemeyer, W.** (1967). Audiologie und Phoniatrie. Sprachaudiometrie mit Sätzen: Grundlagen und Testmaterial einer Diagnostik des Sprachverständnisses. *HNO 15*: 335–43.

**Nittrouer, S., & Boothroyd, A.** (1990). Context effects in phoneme and word recognition by young children and older adults. *Journal of the Acoustical Society Of America 87*: 2705-2715.

**Okazawa, H.,** Naito, Y., Yonekura, Y., Sadato, N., Hirano, S., Nishizawa, S., Magata, Y., Ishizu, K., Tamaki, N., Honjo, I., & Konishi, J. (1996). Cochlear implant efficiency in pre- and postlingually deaf subjects. A study with H<sub>2</sub>(15)O and PET. *Brain 119*: 1297–1306.

**Osberger, M.J.,** Johnson, D.L. & Miller, J.D. (1987). "Use of connected discourse tracking to train functional speech skills", *Ear & Hear 8*: 3 1-36.

**Osterhout, L. & Holcomb, P.J.** (1995): *Event-related potentials and language comprehension*. In: Rugg, M.D. & Coles, M.G.H. (Eds.): *Electrophysiology of Mind. Event-Related Potentials and Cognition*. New York, Tokyo: Oxford. 171-215.

---

171

**Owens, E. & Raggio, M.** (1987). "The UCSF tracking procedure for evaluation and training of speech reception by hearing-impaired adults", *Journal of Speech & Hearing Disorders 52*: 120-128.

**Penner, Z.** (2002): *Plädoyer für eine präventive Frühintervention bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen*. In: von Suchodoletz, W. (Hrsg.): *Therapie von Sprachentwicklungsstörungen*. Stuttgart: Kohlhammer-Verlag.

**Pöppel, E.** (1994). Temporal mechanisms in perception. *International Review of Neurobiology 37*: 185-202

**Pompino-Marschall, B.** (2003): *Einführung in die Phonetik (2. Auflage)*. Berlin: Walter de Gruyter.

**Peelle, J.E.,** Rowena, J.E., Schmitter, S., Schwarzbauer, C. & Davisa, M.H. (2010). Evaluating an acoustically quiet EPI sequence for use in fMRI. *Neuroimage (1)*: 1410 - 1419.

**Peelle, J. E.,** Troiani, V., Grossman, M., & Wingfield, A. (2011). Hearing loss in older adults affects neural systems supporting speech comprehension. *Journal of Neuroscience* 31: 12638–12643.

**Phillips, D.P.** (2002). Central auditory system and central auditory processing disorders. Some conceptual issues. In: *Seminars in Hearing* 4: 251 – 262.

**Pichora-Fuller, M.K.** (2008). Use of supportive context by younger and older adult listeners: Balancing bottom-up and top-down information processing. *International Journal of Audiology* 47: 72-82.

**Pichora-Fuller, M.K.** (2010). Implications of Cognitive Factors for Rehabilitation. ARC 2010: In With the Old-New Research on Aging and Hearing Health. *Audiology Today* 22 (5): 59-60.

**Pichora-Fuller, M.K. & Levitt, H.** (2012). Speech comprehension training and auditory and cognitive processing in older adults. *American Journal of Audiology* 21(2): p. 351-357.

---

172

**Plant, G.** (1988). "Lipreading with tactile supplements", *The Volta review* 90: 149-160.

**Price, P. J.,** Ostendorf, M.; Shattuck-Hufnagel, S.; Fong, C. (1991). The use of prosody in syntactic disambiguation. *Journal of the Acoustical Society of America* 90 (6): 2956–2970.

**Ptok, M.,** Zehnhoff-Dinnesen, A., Nickisch, A. (2010). Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen – Definition. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. *HNO* 58: 617-620.

**Ptok, M.** (2000). Temporäre Hörgeräteversorgung bei zentraler Schwerhörigkeit. *Sprache Stimme Gehör* 24: 126-128.

**Reed, C.M.,** Durlach, N.I., Delhorne, L.A. (1992). *Natural methods of tactile communication*. In: I.R. Summers, ed., *Tactile Aids for the Hearing Impaired*, London, New York: Whurr, 218-230.

**Ricketts, T.,** Lindley, G., Henry, P. (2001). Impact of compression and hearing aid style on directional hearing aid benefit and performance. *Ear and Hearing* 22: 348-361.

**Robbins, A.,** Usherget, M., Miyamoto, R., Kienle, M., and Myres, W. (1985). "Speech tracking performance in single channel cochlear implant subjects". *Journal of speech and hearing research* 28: 565-578.

**Rohen, J.W.** (1994). *Funktionelle Anatomie des Nervensystems: Lehrbuch und Atlas* (5. Auflage). Stuttgart, New York: Schattauer.

**Rosenkötter, H.** (2003): *Auditive Wahrnehmungsstörungen. Kinder mit Lern- und Sprachschwierigkeiten behandeln*. Stuttgart: Klett-Cotta.

**Ross, M.** (2006). *Hearing aids: some new and/or interesting features, including T coils and DAI*. Paper presented at: Hearing Assistive Technology Training and Outreach Program; University of Florida, Gainesville, FL. Rev. 2000, 7: 26-30.

**Rost, U. & Strauß-Schier, A.** (1998). *Rehabilitation und Testkonzepte bei Erwachsenen*. In: Lenarz, Th. (1998) Cochlea-Implantat: ein praktischer Leitfaden für die Versorgung von Kindern und Erwachsenen (1. Auflage). Springer.

**Samuel, A.G.** (1991). A further examination of attentional effects in the phonemic restoration illusion. *The Quarterly journal of experimental psychology* 43: 679-699.

**Sandmann, P.,** Dillier, N., Eichele, T., Meyer, M., Kegel, A., Pascual-Marqui, R. D., Marcar, V. L., Jancke, L., Debener, S. (2012). Visual activation of auditory cortex reflects maladaptive plasticity in cochlear-implant users. *Brain* 135: 555-568.

**Sarampalis, A.,** Edwards, B., Hafter, E. (2009). Objective Measures of Listening Effort: Effects of Background Noise and Noise Reduction. *Journal of speech and hearing research* 52: 1230-1240.

**Schäffler, T.,** Sonntag, J., Hartnegg, K., & Fischer, B. (2004). The effect of practice on low-level auditory discrimination, phonological skills and spelling in dyslexia. *Dyslexia* 10 (2): 119-130.

**Schmidt, L. R. & Dlugosch, G. E.** (1997). *Psychologische Grundlagen der Trainingschulung und Trainingberatung*. In F. Petermann (Hrsg.), *Trainingschulung und Trainingberatung* (2. Auflage). Göttingen: Hogrefe. 23-51

**Schneider, B.A.,** Danamna, M., Murphy, D.R. (2005). Speech Comprehension Difficulties in Older Adults: Cognitive Slowing or Age-Related Changes in Hearing? *Psychology and Aging* 20 (2): 261-271.

**Schoepflin, J.R. & Levitt, H.** (1991). Continuous discourse tracking: an analysis of the procedure. *Journal of Communication Disorders* 24 (3): 237-49.

**Schönweiler, R.,** Ptok, M., Radü, H.J. (1998). A cross-sectional study of speech- and languageabilities of children with normal hearing, mild fluctuating conductive hearing loss, or moderate to profound sensorineural hearing loss. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 44: 251-258.

**Schönweiler, R.** (2001). Klassifizierung komplexer Signalmuster mit künstlichen neuronalen Netzen in der Hör- und Stimm diagnostik. *Laryngo-Rhino-Otologie* 80 (1): 61-62.

**Schulte, M.,** Störmer, V. Meis, M., Holube, I. (2011). Pupillometrie als objektives Maß für die Höranstrengung. Abstract DGA. In Deutsche Gesellschaft für Audiologie. 14. Jahrestagung Jena, 9. - 12. März 2011.

**Seidler, H.** (2006). *Audiotherapie – Maßnahmen zur Verbesserung der Lebensqualität bei Schwerhörigen im Alter*. Abstract DGA. In Deutsche Gesellschaft für Audiologie. Neunte Jahrestagung Köln, 08. - 11. März 2006.

**SGB IX.** *Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen*. (2004). (4 Auflage). Beck Texte im dtv.

**Shamma, S.** (2001). On the role of space and time in auditory processing. *Trends in cognitive sciences* 5 (8): 340-348.

**Silman, S., Silverman, C.A., Emmer, M.B.** (2000). Central auditory processing disorders and reduced motivation: Three case studies. *Journal of the American Academy of Audiology* 11, 57-63.

**Speer, S. R., Kjelgaard, M. M., & Dobroth, K. M.** (1996). The influence of prosodic structure on the resolution of temporary syntactic closure ambiguities. *Journal of Psycholinguistic Research* 25, 247-268.

**Speer, S. R., Warren, P., & Schafer, A.** (2003). *Intonation and sentence processing*. Proceedings of the 15th International Conference for Phonetic Sciences, Barcelona, 95-105.

**Stacey, P.C. & Summerfield, A.Q.** (2008). Comparison of word-, sentence-, and phoneme-based training strategies in improving the perception of spectrally distorted speech. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 51 (2): 526-538.

**Steinhauer, K. & Connolly, J.F.** (2008). *Event-related potentials in the study of language*. In: Stemmer B, Whitaker HA, editors. Handbook of the neuroscience of language. New York: Elsevier; 91-104.

**Stoffer, T.** (2002): *Wahrnehmung*. Microsoft, Encarta, Enzyklopädie.

**Sturm, W.** (2004): *Aufmerksamkeitsstörungen: Fortschritte der Neuropsychologie*. Hogrefe.

**Suchodoletz, W.** (2003). Behandlung auditiver Wahrnehmungsstörungen. Methoden und Wirksamkeit. In: *Forum Logopädie* 17 (6): 6 –11.

**Suchodoletz, W.** (2006) *Therapie der Lese-Rechtschreibstörung (LRS): Traditionelle und alternative Behandlungsverfahren im Überblick* (2. Ausgabe). Kohlhammer Verlag.

**Swaab, T.,** Brown, C., & Hagoort, P. (2003). Understanding words in sentence contexts: the time course of ambiguity resolution. *Brain Language* 86: 326-343.

**Sweetow, R. W.** (2005). Training the adult brain to listen. *Hearing Journal* 58 (6): 10-16.

**Tabor, W. & Tanenhaus, M. K.** (2001). *Dynamical systems for sentence processing*. In: M. H. Christiansen & N. Chater (Hrsg.). *Connectionist psycholinguistics*. Westport, CT: Ablex.

**Tallal, P.;** Merzenich, M.; Miller, S. & Jenkins, W.(1998). Language learning impairment. Integrating research and remediation. In: *Scandinavian Journal of Psychology* 39: 197 – 199.

**Távora-Vieira, D.,** Boisvert, I., McMahon, C.M., Maric, V., Rajan, G.P. (2013). Successful outcomes of cochlear implantation in long-term unilateral deafness: brain plasticity? *Neuroreport*. [Epub ahead of print]

**Taylor,W.L.** (1953). "Cloze" procedure: A new tool for measuring readability. *Journalism Quarterly* 30: 415.

---

176

**Tewes, U.,** Steffen, S., Warnke, F. (2003). Automatisierungsstörungen als Ursache von Lernproblemen. *Forum Logopädie* 17: 24-30.

**Thai-Van, H.,** Micheyl, C., Moore, B. C., Collet, L. (2003): Enhanced frequency discrimination near the hearing loss cut-off: a consequence of central auditory plasticity induced by cochlear damage? *Brain* 126 (10): 2235-45.

**Thiel, M.** (2000). *Logopädie bei kindlichen Hörstörungen*. Springer-Verlag GmbH.

**Tomatis, A.** (2000): *Der Klang des Lebens. Vorgeburtliche Kommunikation — Die Anfänge der seelischen Entwicklung*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

**Tomatis, A.** (2004): Discovering More About the Ear and Life Through Tomatis Method Research. *International Journal of Tomatis Method Research* 1 (1).

**Travis, J.** (1996). Let the games begin. Brain-training video games and stretched speech may help language-impaired kids and dyslexics. In: *Science news* 149: 104 – 106.

**Trueswell, J. C., Tanenhaus, M. K. & Garnsey, S. M.** (1994). Semantic influence on parsing: Use of thematic role information in syntactic ambiguity resolution. *Journal of Memory and Language* 33: 285-318.

**Tun, P.A., Williams, V.A., Small, B.J., & Hafter, E.R.** (2012). The effects of aging on auditory processing and cognition. *American Journal of Audiology* 21: 344–350.

**Tye-Murray, N. & Tyler, R.S.** (1988). A critique of continuous discourse tracking as a test procedure. *Journal of Speech & Hearing Disorders* 53: 226-231.

**Tye-Murray, N., Sommers, M., Spehar, B.** (2007). Audiovisual integration and lipreading abilities of older adults with normal and impaired hearing. *Ear and Hearing* 28: 656–668.

**Tyler, R.S., Gantz, B.J., Woodworth, G.G., Fryauf-Bertschy, H., Kelsay, D.M.,** (1997). Performance of 2- and 3-year-old children and prediction of 4-year from 1-year performance. *American Journal of Otolaryngology* 18 (6): 157–159.

**Tye-Murray N, Sommers MS, Spehar B.** (2007). Audiovisual integration and lipreading abilities of older adults with normal and impaired hearing. *Ear Hear* 28 (5): 656-68.

**Van den Brink, D., Brown, C. M., & Hagoort, P.** (2001). Electrophysiological evidence for early contextual influences during spoken-word recognition: N200 versus N400 effects. *Journal of Cognitive Neuroscience* 13: 967-985.

**Van den Brink, D., & Hagoort, P.** (2004). The influence of semantic and syntactic context constraints on lexical selection and integration in spoken-word comprehension as revealed by ERPs. *Journal of Cognitive Neuroscience* 16 (6): 1068-1084.

**Vavatzanidis, N., Hahne, A., Wolf, A., Müller, J., Friederici, A. & Mürbe, D.** (2010). "Hirnpotentialmessungen zum freien Satzverstehen bei erwachsenen Cochlear-Implant-

*Training.*" Poster. Auf der wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie e. V. Aachen.

**Veith, S.** (1992). *Sprachentwicklung, Sprachauffälligkeit und Zeitverarbeitung*. Dissertation. Ludwig-Maximilians Universität, München.

**Wagener, K.,** Kühnel, V., Kollmeier, B. (1999). Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache I: Design des Oldenburger Satztests. *Zeitschrift für Audiologie/Audiological Acoustics* 38 (1): 4-15.

**Warnke, F.** (1993). Ordnungsschwelle und Sprachtherapie. *Sprachheilarbeit* 5: 255-258.

**Warnke, F.** (1998). *Was Hänschen nicht hört... Elternratgeber Lese- Rechtschreib-Schwäche*. (3. Auflage). Kirchzarten bei Freiburg: VAK Verl.-GmbH.

**Warnke, F. (2006).** *Der Takt des Gehirns. Das Lernen trainieren*. (3. überarb. Auflage). Vandenhoeck & Ruprecht.

**Warren, D.H. & Warren, R.M.** (1970). Auditory illusions. *Scientific American* 223 (6): 30 – 36.

**Warren, R.M.** (1970). Perceptual restoration of missing speech sounds. *Science* 167: 392-393.

**Watt, S., & Murray, W. S.** (1996). Prosodic form and parsing commitments. *Journal of Psycholinguistic Research* 25: 291-318.

**Wendler, J.,** Seidner, W., Eysholdt, U. (2005). *Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie* (4. Auflage). Thieme Verlag.

**Wesselkamp, M.,** Kliem, K., Kollmeier, B. (1992). *Erstellung eines optimierten Satztests in deutscher Sprache. Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie*. B. Kollmeier (Ed.). Heidelberg, Median-Verlag. 330-343.

**Weisenberger, J.M.,** Broadstone, S.M. & Saunders, F.A. (1989). "Evaluation of two multichannel tactile aids for the hearing impaired". *Journal of the Acoustical Society of America* 86: 1764-1775.

**Wever, E. G.** (1939). The electrical responses of the ear. *Psychological Bulletin* 36 (3): 143-187.

**Weyerts, H.,** Penke, M., Dohrn, U., Clahsen, H., & Münte, T. F. (1997). Brain potentials indicate differences between regular and irregular German plurals. *NeuroReport* 8: 957-962.

**White, J.L.,** Moffitt, T.E., Silva, P.A. (1992). Neuropsychological and socio-emotional correlates of specific arithmetic disability. *Archives of Clinical Neuropsychology* 7: 1-16.

**Wild, E. & Möller, J.** (2009). *Pädagogische Psychologie*. Springer.

**Willot, J. F.,** Chisolm, T. H., & Lister, J. J. (2001). Modulation of presbycusis: Current status and future directions. *Audiology & Neurotology* 6: 231-249.

**Wingfield, A., & Grossman, M.** (2006). Language and the aging brain: Patterns of neural compensation revealed by functional brain imaging. *Journal of Neurophysiology* 96: 2830–2839.

**Wingfield, A., & Stine-Morrow, E. A. L.** (2000). *Language and speech*. In: Craik, F.I.M. & Salthouse, T.A.(Eds.), *Handbook of cognitive aging* (2nd ed., 359–416). Mahwah, NJ: Erlbaum.

**Wingfield, A.,** Tun, P.A., McCoy, S.L. (2005) Hearing Loss in Older Adulthood. What It Is and How It Interacts With Cognitive Performance. *Current Directions in Psychological Science* 14: 144-148.

**Wolf, A.** (2004). Sprachverstehen mit Cochlea-Implantat: EKP-Studien mit postlingual ertaubten erwachsenen CI-Trägern. Leipzig: Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences. *MPI Series in Human Cognitive and Brain Sciences*, 44.

**Yan, J.** (2003): Canadian Association of Neuroscience Review: development and plasticity of the auditory cortex. *Canadian Journal of Neurological Sciences* 30 (3): 189-200.

**Zatorre, R. J.,** Evans, A. C., Meyer, E. (1994). Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *Journal of Neuroscience* 14: 1908-1919.

**Zenner, H.P.** Evans, Meyer (1994). *Hören: Physiologie, Biochemie, Zell- und Neurobiologie*. Stuttgart: Thieme.

**Zimbardo, P. G.** (2003). *Psychologie*. (7. Auflage). Berlin u.a.: Springer.

**Zimmermann, P. & Fimm, B.** (2002). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) Version 2.2*. Herzogenrath: Psytest.

**Zorowka, P. & Höfler, H.** (2000). *Grundlagen V: Ohr und Gehör*. In: Friedrich, Gerhard; Bigenzahn, Wolfgang & Zorowka, Patrick: *Phoniatrie und Pädaudiologie* (2. Auflage). Bern [u.a.] Huber; 325 – 339.

## 9. ANHANG

### A: RANKINGFRAGEBOGEN

#### Klinikübersicht – Deutschland

		1	2	3	4	5	unbekannt
1.	xxx						
2.	xxx						
3.	xxx						
4.	xxx						
5.	xxx						
6.	xxx						
7.	xxx						
8.	xxx						
9.	xxx						
10.	xxx						
11.	xxx						
12.	xxx						
13.	xxx						
14.	xxx						
15.	xxx						
16.	xxx						
17.	xxx						

#### Klinikübersicht –Schweiz

		1	2	3	4	5	unbekannt
18.	xxx						
19.	xxx						
20.	xxx						
21.	xxx						

#### Klinikübersicht –Österreich

		1	2	3	4	5	unbekannt
22.	xxx						
23.	xxx						
24.	xxx						
25.	xxx						

1= sehr gut, 2= gut, 3= befriedigend, 4= ausreichend, 5= mangelhaft

**B: SEMISTRUKTURELLES INTERVIEW**

Initialen: \_\_\_\_\_

Alter: \_\_\_\_\_

Datum(tt/mmm/jj): \_\_\_\_\_

Bitte nennen Sie alle Geräte, die Sie verwenden:

- CI rechts
- CI links
- Hörgerät rechts
- Hörgerät links
- CI/DUET rechts
- CI/DUET links

**1. Allgemeine Fragen zur Rehabilitation**

1. Wurde im Rahmen der Rehabilitation post OP ein Hörtraining durchgeführt?

- Ja
- Nein (weiter mit Absatz 3)

2. Wurden verschiedene Übungsmaterialien und Medien in das Hörtraining einbezogen?

- trifft zu
- trifft weniger zu
- trifft gar nicht zu

Wenn Ja, welche? Bitte kreuzen Sie an! Mehrfachnennungen sind möglich.

- Bilder/ Memory
- CDs/ Kassetten
- Computer
- Realgegenstände
- DVDs
- Texte/ Wortkarten
- Hörbücher
- Sonstige

3. Waren Sie mit dem Einsatz unterschiedlicher Medien in der Therapie zufrieden?

- trifft zu
- trifft weniger zu
- trifft gar nicht zu

4. Welche Medien würden Sie vorschlagen?

---

---

5. Würden Sie gerne andere Personen in die Hörübungen miteinbinden?

- Ja
- Nein

Wenn JA, wen?

- Partner
- Geschwister
- Freunde/ Bekannte
- Verwandte
- sonstige

**2. Qualitative Fragen zum Hörtraining**

1. Hatten Sie vor Beginn der Therapie gewisse Erwartungen/ Ziele an das Hörtraining?

- Ja
- Nein

Wenn JA, welche Erwartungen/ Ziele hatten Sie?

---

---

2. Haben sich Ihre Erwartungen/ Ziele an das Hörtraining erfüllt? Waren Sie mit dem Hörtraining zufrieden?

trifft zu                                       trifft weniger zu                                       trifft gar nicht zu

Was glauben Sie war der Grund dafür?

---

---

3. Gab es bestimmte Übungen in der Therapie, die Ihnen besonders gut gefallen haben (oder wirksam waren)?

trifft zu                                       trifft weniger zu                                       trifft gar nicht zu

Können Sie sich an eine spezielle Situation/ Übung erinnern? Geben Sie bitte ein Beispiel.

---

---

4. Gab es Übungen, die Ihnen nicht so gut gefallen haben? Oder die für Sie keinen persönlichen Nutzen/ Notwendigkeit hatten?

trifft zu                                       trifft weniger zu                                       trifft gar nicht zu

Geben Sie bitte ein Beispiel.

---

---

**3. Zukünftige Erwartungen an ein Hörtraining/ Verbesserungen**

1. Gab es Übungen, die Ihnen gefehlt haben? Übungen, die Sie sich gewünscht hätten?

trifft zu                                       trifft weniger zu                                       trifft gar nicht zu

Nennen Sie bitte ein Beispiel.

---

---

2. Was halten Sie z.B. von einer Übung, bei der Sie einen Satz hören und parallel zum geschriebenen Text entscheiden müssten, ob die beiden Zielsätze übereinstimmen?

Gefällt mir                      5                      4                      3                      2                      1                      gefällt mir nicht

3. Was halten Sie z.B. von einer Übung, bei der Sie im Anschluss an einen gehörten Textabschnitt Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten beantworten sollten?

Gefällt mir                      5                      4                      3                      2                      1                      gefällt mir nicht

4. Was halten Sie z.B. von einer Hörübung, die Sprecherwechsel (Männerstimme, Frauenstimme, Dialekte) einschließt?

Gefällt mir                      5                      4                      3                      2                      1                      gefällt mir nicht

5. Was halten Sie z.B. von einer Übung zum Hören mit räumlichen Effekten, Nachhall, Störgeräuschen?

Gefällt mir      5      4      3      2      1      gefällt mir nicht

**4. Allgemeine Fragen zu technischer Ausstattung**

1. Haben Sie zu Hause einen Computer?

Ja       Nein

Würden Sie eine Übungssituation am Computer zu Hause begrüßen?

trifft zu       trifft weniger zu       trifft gar nicht zu

Wenn Nein, warum nicht?

---

---

2. Besitzen Sie ein Smartphone?

Ja       Nein

Würden Sie ein Trainingsprogramm für Ihr Smartphone begrüßen?

trifft zu       trifft weniger zu       trifft gar nicht zu

Wenn Nein, warum nicht?

---

---

3. Würden Sie das Hörtraining gerne kontrolliert durchführen und eine Rückmeldung und Auswertung der Ergebnisse erhalten?

Gefällt mir      5      4      3      2      1      gefällt mir nicht

4. Gibt es Zeiten an denen Sie zusätzlich zur Therapie gerne zu Hause üben würden?

< 2 Tage/ Woche

< 4 Tage/ Woche

mehr

5. Was wären Sie bereit für ein Rehabilitationsmaterial auszugeben?

5€ - 10€       25 €- 50 €

10€ - 25€       > 50€

Sonstige Bemerkungen:

---

---

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

**C: SATZMATERIAL - BEISPIELE**

**AUSZUG: KORREKTE SÄTZE**

1. Im Hafen an der Promenade liegen viele kleine Boote.
2. Die Kinder bauen eine Sandburg. Sie brauchen eine Schaufel.
3. Die Fischer reparieren ihre Netze, bevor sie aufs Meer hinausfahren.
4. Die bunten Sonnenschirme spenden Schatten in der heißen Mittagssonne.
  
5. Die Kinder verbringen die Nacht auf einer Hütte in den Bergen.
6. Die Reise nach Amerika ist mit einem langen Flug verbunden.
7. Im nächsten Jahr möchte die Familie eine Schiffsreise machen.
8. Organisierte Busreisen bieten meist für jeden Geschmack ein interessantes Urlaubsziel an.
  
9. Der Polizist hat letzte Woche einen Bankräuber gefasst.
10. Der Förster beobachtet die Rehe vom Hochsitz im Wald.
11. Der Handwerker braucht eine Leiter, um das Dach zu reparieren.
12. Die Sekretärin hat heute Morgen vergessen, dem Chef seinen Kaffee zu bringen.
  
13. Das Restaurant ist heute Abend wegen einer Hochzeitsgesellschaft geschlossen.
14. Die Empfehlung des Tages ist ein Nudelgericht.
15. Vor jedem Flug werden der Reisepass und das Flugticket überprüft.
16. Der Flugbegleiter fragt den Passagier, wo er sitzen möchte.
  
17. Der neue Mitarbeiter kommt heute. Die Kollegen sind schon gespannt, welche Kompetenzen er mit sich bringt.
18. Die Teilnehmer der Besprechung können am Diagramm erkennen, dass im letzten Quartal herausragende Gewinne erzielt werden konnten.
19. Der Chef hat Angst, die Kollegin an die Konkurrenz zu verlieren. Das Angebot der Konkurrenz bietet ein großartiges Gehalt.
20. Der Mitarbeiter macht seine Kollegen mit den neusten Entwicklungen auf dem Markt bekannt. Vor seinem Vortrag prüft er, ob alle Teilnehmer anwesend sind.

**AUSZUG: SEMANTIK: HIGH VS. LOW CLOZE PROBABILITY**

1. Im Hafen an der Promenade liegen viele kleine *Schiffe*. (HIGH)
2. Die Kinder *mauern* eine Sandburg. Sie brauchen eine Schaufel. (HIGH)
3. Die Fischer *flicken* ihre Netze, bevor sie aufs Meer hinausfahren (LOW)
4. Die bunten Sonnenschirme spenden *Kühle* in der heißen Mittagssonne. (LOW)
  
5. Die Kinder *verleben* die Nacht auf einer Hütte in den Bergen. (LOW)
6. Die Reise nach Amerika ist mit einem langen Flug *verknüpft*. (LOW)
7. Im nächsten *Sommer* möchte die Familie eine Schiffsreise machen. (HIGH)
8. Organisierte Busreisen bieten meist für jeden Geschmack ein *passendes* Urlaubsziel an. (HIGH)
  
9. Der Polizist hat letzte Woche einen Bankräuber *geschnappt*. (HIGH)
10. Der Förster *beobachtet* die Rehe vom Hochsitz im Wald. (HIGH)
11. Der Handwerker braucht eine Leiter, um das Dach zu *besteigen*. (LOW)
12. Die Sekretärin hat heute Morgen *versäumt* dem Chef seinen Kaffee zu bringen. (LOW)
  
13. Das Restaurant ist heute Abend wegen einer *Gesellschaft* geschlossen. (HIGH)
14. Die Empfehlung des Tages ist ein *Fischgericht*. (LOW)
15. Vor jedem Flug werden der Reisepass und das Flugticket *gecheckt*. (LOW)
16. Der Flugbegleiter fragt den *Reisenden*, wo er sitzen möchte. (HIGH)
  
17. Der neue Mitarbeiter kommt heute. Die Kollegen sind schon gespannt, welche *Referenzen* er mit sich bringt. (HIGH)
18. Die Teilnehmer der Besprechung können am Diagramm erkennen, dass im letzten *Halbjahr* herausragende Gewinne erzielt werden konnten. (HIGH)
19. Der Chef hat Angst, die Kollegin an die Konkurrenz zu verlieren. Das Angebot der Konkurrenz bietet ein großartiges *Arbeitsklima*. (LOW)
20. Der Mitarbeiter macht seine Kollegen mit den neusten Entwicklungen auf dem Markt bekannt. Vor seinem *Termin* prüft er, ob alle Teilnehmer anwesend sind. (LOW)

**AUSZUG: SYNTAX**

1. Im Hafen an *den* Promenade liegen viele kleine Boote.
2. Die Kinder bauen eine Sandburg. Sie *braucht* eine Schaufel.
3. Die Fischer reparieren ihre Netze, bevor sie aufs Meer *hinausgefahren*.
4. Die bunten Sonnenschirme spenden Schatten in der heißen Mittagssonne.
  
5. Die Kinder verbringen die Nacht auf einer *Hüttes* in den Bergen.
6. Die Reise nach Amerika ist mit einem langen Flug *gebunden*.
7. Im nächsten Jahr möchte die Familie eine *Schiffsreises* machen.
8. Organisierte Busreisen bieten meist für *jedes* Geschmack ein interessantes Urlaubsziel an.
  
9. Der Polizist *wurde* letzte Woche einen Bankräuber gefasst.
10. Der Förster *beobachten* die Rehe vom Hochsitz im Wald.
11. *Das* Handwerker braucht eine Leiter, um das Dach zu reparieren.
12. Die Sekretärin *wurde* heute Morgen vergessen, dem Chef seinen Kaffee zu bringen.
  
13. Das Restaurant ist heute Abend wegen einer Hochzeitsgesellschaft *geschlossen*.
14. Die Empfehlung des Tages ist *eine* Nudelgericht.
15. Vor jedem Flug werden der Reisepass und das Flugticket *übergeprüft*.
16. Der Flugbegleiter *gefragt* den Passagier, wo er sitzen möchte.
  
17. Der neue Mitarbeiter kommt heute. Die Kollegen sind schon gespannt, welche Kompetenzen er mit sich *gebracht*.
18. Die Teilnehmer der Besprechung können am Diagramm erkennen, dass im letzten Quartal herausragende Gewinne erzielt *wurden* konnten.
19. Der Chef hat Angst, die *Kollegins* an die Konkurrenz zu verlieren. Das Angebot der Konkurrenz bietet ein großartiges Gehalt.
20. Der Mitarbeiter macht seine Kollegen mit den neusten Entwicklungen auf dem Markt bekannt. Vor seinem Vortrag *geprüft* er, ob alle Teilnehmer anwesend sind.

**AUSZUG: LÜCKENSÄTZE**

1. Im Hafen an der Promenade liegen viele kleine \_\_\_\_\_.
2. Die Kinder \_\_\_\_\_ eine Sandburg. Sie brauchen eine Schaufel.
3. Die Fischer \_\_\_\_\_ ihre Netze, bevor sie aufs \_\_\_\_\_ hinausfahren.
4. Die \_\_\_\_\_ Sonnenschirme spenden Schatten in der heißen \_\_\_\_\_.
  
5. Die Kinder \_\_\_\_\_ die Nacht auf einer Hütte in den Bergen.
6. Die Reise nach Amerika ist mit einem langen \_\_\_\_\_ verbunden.
7. Im nächsten \_\_\_\_\_ möchte die Familie eine Schiffsreise machen.
8. Organisierte \_\_\_\_\_ bieten meist für jeden Geschmack ein \_\_\_\_\_ Urlaubsziel an.
  
9. Der \_\_\_\_\_ hat letzte Woche einen Bankräuber gefasst.
10. Der Förster beobachtet die \_\_\_\_\_ vom Hochsitz im Wald.
11. Der Handwerker braucht eine \_\_\_\_\_, um das \_\_\_\_\_ zu reparieren.
12. Die Sekretärin hat heute Morgen vergessen, dem \_\_\_\_\_ seinen \_\_\_\_\_ zu bringen.
  
13. Das Restaurant ist heute Abend wegen einer \_\_\_\_\_ geschlossen.
14. Die Empfehlung des Tages ist ein \_\_\_\_\_.
15. Vor jedem Flug werden der \_\_\_\_\_ und das Flugticket \_\_\_\_\_.
16. Der Flugbegleiter fragt den \_\_\_\_\_, wo er \_\_\_\_\_ möchte.
  
17. Der neue Mitarbeiter kommt heute. Die Kollegen sind schon gespannt, welche \_\_\_\_\_er mit sich bringt.
18. Die Teilnehmer der Besprechung können am Diagramm erkennen, dass im letzten Quartal \_\_\_\_\_ Gewinne erzielt werden konnten.
19. Der Chef hat Angst, die Kollegin an die Konkurrenz zu verlieren. Das Angebot der Konkurrenz bietet ein \_\_\_\_\_.
20. Der Mitarbeiter macht seine Kollegen mit den neusten Entwicklungen auf dem Markt bekannt. Vor seinem \_\_\_\_\_ prüft er, ob alle Teilnehmer \_\_\_\_\_ sind.

**D: FRAGEBOGEN ZUM HÖRTRAINING**

TrainingID: \_\_\_\_\_

Datum(tt/mmm/jj): \_\_\_\_\_

1. Haben Sie in der letzten Woche zu Hause **zusätzliche Hörübungen** durchgeführt?

1.1 Wie viele Stunden haben Sie in der vergangenen Woche geübt?

< 2 Stunden/Woche

< 2-4 Stunden/Woche

mehr als 4 Stunden

1.2 Welche Übungen haben Sie zu Hause durchgeführt?

---

---

189

---

Mit wem haben Sie geübt?

Partner  Geschwister  Freunde/ Bekannte  Verwandte  sonstige

---

---

2. Wie empfanden Sie die **Höranstrengung** in der vergangenen Woche bezogen auf das Training?

(sehr gering)      (gering)      (mittel)      (hoch)      (sehr hoch)

1                      2                      3                      4                      5

3. Wie empfanden Sie die allgemeine **Höranstrengung** in der vergangenen Woche?

(sehr gering)      (gering)      (mittel)      (hoch)      (sehr hoch)

1                      2                      3                      4                      5

4. Wie schätzen Sie Ihre heutige **Motivation** für das Training ein?

(sehr gering)      (gering)      (mittel)      (hoch)      (sehr hoch)

1                      2                      3                      4                      5

**E: TABELLARISCHE DARSTELLUNG DES UNTERSUCHUNGSABLAUFS**

*Tab. 21: Übersicht über den Versuchsablauf in den fünf experimentellen Phasen. Um mögliche Abfolgeeffekte auszuschließen, wurde die Reihenfolge der Versuchsanordnung der Untersuchungscluster III (Sprachaudiometrie) und IV (Spracherkennungshörschwelle) bei der Hälfte der Training bzw. Probanden variiert.*

Experimentelle Phase	Verfahren
I Begrüßung und allgemeine Information	Aufklärung und Einwilligungserklärung
II Begleitdiagnostische Testverfahren	Leistungsprüfsystem (LPS I, II, III) Alertness (TAP)
III Untersuchung: Sprachaudiometrie	HSM-Satztest in Ruhe (65 dB) HSM-Satztest im Störgeräusch (65 dB, CCITT-Rauschen kontinuierlich 10 dB SNR)
IV Untersuchung: Spracherkennungshörschwelle	AAST in Ruhe (65 dB) AAST im Störgeräusch (65 dB, CCITT-Rauschen kontinuierlich; 10 dB SNR) AAST-HF in Ruhe (65 dB)

**F: DARSTELLUNG DER TRAININGSTRIPLES**

Trainingstriple		Lebensalter	Höralter	Versorgung
1	1.1	51	7	3
	1.2	52	9	3
	1.3	53	6	3
2	2.1	57	3	3
	2.2	57	3	3
	2.3	67	3	3
3	3.1	68	10	3
	3.2	68	10	3
	3.3	69	7	3
4	4.1	73	5	3
	4.2	73	5	3
	4.3	69	5	3
5	5.1	58	9	2
	5.2	56	12	3
	5.3	59	7	2
6	6.1	66	5	1
	6.2	67	5	3
	6.3	65	8	1
7	7.1	75	6	1
	7.2	75	4	1
	7.3	74	12	2
8	8.1	75	9	2
	8.2	75	12	3
	8.3	76	12	3
9	9.1	69	3	3
	9.2	73	5	3
	9.3	76	12	3
10	10.1	62	11	2
	10.2	63	8	3
	10.3	63	7	3
11	11.1	39	9	3
	11.2	34	12	1
	11.3	22	12	3

12	12.1	56	3	1
	12.2	75	3	1
	12.3	40	8	3
13	13.1	52	9	2
	13.2	47	11	3
	13.3	66	5	1
14	14.1	22	12	2
	14.2	20	1	3
	14.3	21	5	3

**G: ERGEBNISSE IN AUDITIVEN SPRACHVERSTÄNDNISAUFGABEN (GESAMTGRUPPEN)***Tab. 22: Deskriptive Beschreibung der HSM Werte in Ruhe. Daten getrennt nach Methode und für die Kontrollgruppe über alle Testintervalle*

			HSM Ruhe (%)_Vortest	HSM Ruhe (%)_Zw1	HSM Ruhe (%)_Zw2	HSM Ruhe (%)_Nachtest
Methode A	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		58,21	65,07	68,86	70,71
	Median		62,50	66,00	70,50	72,00
	Minimum		8	15	16	23
	Maximum		78	89	96	98
Methode B	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		62,64	64,50	76,00	83,00
	Median		77,00	78,50	84,50	88,00
	Minimum		12	14	23	31
	Maximum		80	83	100	100
Methode C	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		58,21	63,36	68,36	73,50
	Median		70,50	71,00	75,50	77,50
	Minimum		0	8	16	18
	Maximum		80	93	99	98

*Kontrollgruppe*

		HSM Ruhe (%)_ Vortest	HSM Ruhe (%)_ Nachtest
N	Gültig	14	14
	Fehlend	0	0
Mittelwert		60,36	63,21
Median		67,50	72,50
Minimum		0	0
Maximum		97	98

Tab. 23: Deskriptive Beschreibung der HSM Werte im Störgeräusch. Daten getrennt nach Methode und für die Kontrollgruppe über alle Testintervalle

			HSM SG/Noise (%)_Vortest	HSM SG/Noise (%)_Zw1	HSM SG/Noise (%)_Zw2	HSM SG/Noise (%)_Nachtest
Methode A	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		20,93	22,43	27,79	31,79
	Median		22,00	24,50	31,50	34,50
	Minimum		0	0	0	4
	Maximum		36	39	45	56
Methode B	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		27,64	34,00	49,86	59,07
	Median		28,00	32,50	49,00	66,50
	Minimum		0	0	0	0
	Maximum		60	65	92	90
Methode C	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		22,43	26,29	32,50	35,43
	Median		10,50	15,50	24,50	24,50
	Minimum		0	0	1	6
	Maximum		68	66	83	83

Kontrollgruppe

		HSM SG/Noise (%)_ Vortest	HSM SG/Noise (%)_ Nachtest
N	Gültig	14	14
	Fehlend	0	0
Mittelwert		28,71	31,64
Median		28,00	31,50
Minimum		0	0
Maximum		69	70

**Tab. 24: Vergleich der Trainingsgruppen im Vor- und Nachtest.** Die Unterschiede zwischen den 3 Methoden wurden mit dem Mann-Whitney U-Test berechnet. Das zweiseitige Signifikanzniveau (p-value) ist in den Tabellen abgebildet.

*Ergebnisse Vortest:*

	HSM Ruhe (%)	HSM Noise (%)
A (n=14) vs. B (n=14)	,211	,747
A (n=14) vs. C (n=14)	,549	,407
B (n=14) vs. C (n=14)	,458	,764

*Ergebnisse Nachtest:*

	HSM Ruhe (%)	HSM Noise (%)
A (n=14) vs. B (n=14)	,032	,010
A (n=14) vs. C (n=14)	,696	1,000
B (n=14) vs. C (n=14)	,154	,034

Die Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen Methode A und Methode B beim Nachtest für HSM in Ruhe ( $p=0.032$ ), ebenfalls beim Nachtest für HSM im Störgeräusch ( $p=0.010$ ). Ein signifikanter Unterschied wurde zwischen Methode B und C beim Nachtest für HSM im Störgeräusch ( $p=0.034$ ) berechnet.

**H: ERGEBNISSE IM ADAPTIV AUDITIVEN SPRACHTEST (GESAMTGRUPPEN)****Tab. 25: Deskriptive Beschreibung der AAST Werte in Ruhe.** Daten getrennt nach Methode und für die Kontrollgruppe über alle Testintervalle.

			AAST dB in Ruhe (SRT)_Vortest	AAST dB in Ruhe (SRT)_Zw1	AAST dB in Ruhe (SRT)_Zw2	AAST dB in Ruhe (SRT)_Nachtest
Methode A	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		42,61	43,09	41,78	42,26
	Median		40,80	42,50	40,85	41,65
	Minimum		29,2	27,5	27,5	29,2
	Maximum		65,8	67,5	62,5	62,5
Methode B	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		32,25	32,13	32,62	32,50
	Median		30,00	30,80	33,35	31,65
	Minimum		17,5	19,2	19,2	17,5
	Maximum		47,5	45,8	45,8	44,2
Methode C	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		29,64	30,70	32,38	30,47
	Median		26,65	29,20	32,50	29,15
	Minimum		14,2	17,5	15,8	14,2
	Maximum		50,8	50,8	54,2	52,5

*Kontrollgruppe*

		AAST dB in Ruhe (SRT)_Vortest	AAST dB in Ruhe (SRT)_Nachtest
N	Gültig	14	14
	Fehlend	0	0
Mittelwert		29,871	28,207
Median		28,350	25,800
Minimum		20,8	17,5
Maximum		39,2	40,8

**Tab. 26: Deskriptive Beschreibung der AAST Werte im Störgeräusch.** Daten getrennt nach Methode und für die Kontrollgruppe über alle Testintervalle.

			AAST dB in Noise (SRT)_Vortest	AAST dB in Noise (SRT)_Zw1	AAST dB in Noise (SRT)_Zw2	AAST dB in Noise (SRT)_Nachtest
Methode A	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		-9,07	-7,92	-8,71	-7,85
	Median		-8,50	-8,00	-8,00	-6,50
	Minimum		-15,5	-14,5	-14,5	-15,5
	Maximum		-3,5	-2,5	-3,5	-2,5
Methode B	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		-6,64	-7,21	-6,85	-7,57
	Median		-6,50	-7,00	-6,00	-7,00
	Minimum		-17,5	-14,5	-16,5	-16,5
	Maximum		2,5	-,5	-1,5	,5
Methode C	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		-8,28	-10,00	-10,35	-10,35
	Median		-10,00	-12,00	-13,50	-13,00
	Minimum		-16,5	-17,5	-16,5	-17,5
	Maximum		3,5	7,5	3,5	3,5

*Kontrollgruppe*

		AAST dB in Noise (SRT)_Vortest	AAST dB in Noise (SRT)_Nachtest
N	Gültig	14	14
	Fehlend	0	0
Mittelwert		-9,21	-9,78
Median		-11,00	-11,50
Minimum		-15,5	-17,5
Maximum		6,5	7,5

**Tab. 27: Deskriptive Beschreibung der AAST\_HF Werte in Ruhe.** Daten getrennt nach Methode und für die Kontrollgruppe über alle Testintervalle.

			AAST_HF dB in Ruhe_Vortest	AAST_HF dB in Ruhe_Zw1	AAST_HF dB in Ruhe_Zw2	AAST_HF dB in Ruhe_Nachtest
Methode A	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		34,64	33,81	33,92	33,67
	Median		33,35	32,50	32,50	35,00
	Minimum		22,50	22,5	20,8	22,5
	Maximum		52,50	49,2	52,5	47,5
Methode B	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		46,52	47,85	45,96	46,07
	Median		50,80	52,50	49,20	48,35
	Minimum		15,80	20,8	14,2	19,2
	Maximum		69,20	69,2	65,8	67,5
Methode C	N	Gültig	14	14	14	14
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		28,45	28,32	28,21	27,96
	Median		27,50	25,80	28,35	25,00
	Minimum		17,50	17,5	12,5	15,8
	Maximum		45,80	45,8	45,8	47,5

*Kontrollgruppe*

		AAST_HF dB in Ruhe_Vortest	AAST_HF dB in Ruhe_Nachtest
N	Gültig	14	14
	Fehlend	0	0
Mittelwert		29,07	30,35
Median		27,50	29,20
Minimum		14,20	19,2
Maximum		47,50	52,5

**I: AUDITIVES SPRACHVERSTEHEN: GRUPPENSTATISTIK***Tab. 28: Auditives Sprachverstehen: Gruppenvergleich. Vergleich zwischen Trainings- und Kontrollgruppe.*

Trainings- vs. Kontrollgruppe		N	Mittelwert	SD
HSM Ruhe (%)	Trainingsgruppe	42	75,74	21,10
	Kontrollgruppe	14	63,21	28,71
HSM SG/Noise (%)	Trainingsgruppe	42	42,10	26,16
	Kontrollgruppe	14	31,64	25,87
AAST dB in Ruhe (SRT)	Trainingsgruppe	42	35,08	10,65
	Kontrollgruppe	14	28,20	7,14
AAST dB in Noise (SRT)	Trainingsgruppe	42	-8,59	5,49
	Kontrollgruppe	14	-9,78	6,61
AAST_HF dB in Ruhe	Trainingsgruppe	42	35,90	12,81
	Kontrollgruppe	14	30,35	10,03

Mit dem parametrischen „Test für unabhängige Stichproben“ wurde überprüft, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen der Test- (n=42) und der Kontrollgruppe (n=14) in Bezug auf das auditive Sprachverstehen gibt. Bei der Testgruppe wurden die Daten aus dem Nachttest zum Vergleich der 2. Testung der Kontrollgruppe genommen.