

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Hals-Nasen-Ohren-Klinik und Poliklinik  
Klinikum rechts der Isar

**Bimodale Musikhörfähigkeiten mit  
Cochlea Implantat und Hörgerät**

Christina Pflug

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Hals-Nasen-Ohren-Klinik und Poliklinik  
Klinikum rechts der Isar

## **Bimodale Musikhörfähigkeiten mit Cochlea Implantat und Hörgerät**

Christina Pflug

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin  
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. St. J. Brockmeier

2. Univ.-Prof. Dr. H. A. Bier

Die Dissertation wurde am 02.09.2010 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 11.05.2011 angenommen.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Methodik.....	6
2.1	Musiktest: Mu.S.I.C. Studie .....	6
2.2	Testdetails.....	7
2.2.1	Rhythmuskrimination .....	7
2.2.2	Frequenzdiskrimination .....	7
2.2.3	Melodiediskrimination.....	9
2.2.4	Akkorddiskrimination .....	10
2.2.5	Instrumentenidentifikation .....	10
2.2.6	Instrumentendetektion.....	11
2.2.7	Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung.....	12
2.2.8	Beurteilung der Emotionalität von Musik.....	12
2.3	Hauptmerkmale von Cochlea Implantaten .....	12
2.4	Fragebogen 1: Erfassen von Musikhörgewohnheiten postlingual ertaubter Patienten nach Cochlea Implantation .....	13
2.5	Fragebogen 2: Hörgeräteerfassung Mu.S.I.C. Studie .....	14
2.6	Statistik.....	15
3	Ergebnisse .....	16
3.1	Darstellung des Resthörvermögens mit HG .....	16
3.2	Auswertung Musikhörtest nach Subtest und Einzelpersonen unter Anwendung von CI, HG und CI+HG.....	17
3.2.1	Rhythmuskrimination .....	17
3.2.2	Frequenzdiskrimination (Intervallhören) .....	19
3.2.3	Melodiediskrimination.....	20
3.2.4	Akkorddiskrimination .....	22
3.2.5	Instrumentenidentifikation .....	23
3.2.6	Instrumentendetektion.....	25
3.2.7	Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung.....	26
3.2.8	Emotion .....	28
3.3	Auswertung MUMU-Fragebogen.....	30
3.3.1	Häufigkeit und Dauer des Musikhörens vor und nach Cochlea Implantat.....	30
3.3.2	Qualität des Musikhörens und Art der Einspeisung.....	33
3.3.3	Art und Gründe des Musikhörens.....	34
3.3.4	Zeitpunkt des Musikhörens .....	35
3.3.5	Vorlieben der Instrumentierung .....	37
3.3.6	Hörbarkeit von Musikelementen.....	38
3.3.7	Instrumentenerkennung .....	39
3.3.8	Instrumentengenuss.....	40
3.3.9	Ort des Musikhörens .....	41
3.3.10	Musikrichtungen .....	42
3.3.11	Hörgenuss.....	43
3.3.12	Instrument spielen.....	44
3.3.13	Gesang.....	45
3.3.14	Musikunterricht, Rolle der Musik .....	49

3.3.15	Hörgerät, Telefon (24, 25 und 31) .....	50
4	Diskussion .....	52
4.1	Messung der Musikperzeption.....	52
4.1.1	Zusammenfassung der eigenen Ergebnisse .....	52
4.1.2	Vergleich mit der Literatur .....	53
4.1.2.1	Rhythmuskrimination.....	55
4.1.2.2	Frequenz- und Melodiekrimination.....	56
4.1.2.3	Instrumentenidentifikation und -detektion .....	59
4.1.2.4	Beurteilung von Dissonanz/Konsonanz sowie Emotion .....	61
4.2	Subjektive Perzeption von Musik und Hörgewohnheiten.....	62
4.2.1	Zusammenfassung der eigenen Ergebnisse und Vergleich mit der Literatur .....	62
4.2.1.1	Allgemeine Bewertung des Musikhörens.....	62
4.2.1.2	Art des Musikhörens und Musikstilrichtungen.....	65
4.2.1.3	Instrumente.....	67
4.3	Schlussfolgerungen.....	68
5	Zusammenfassung .....	70
6	Literaturverzeichnis .....	72
7	Anhang .....	79
7.1	Abkürzungsverzeichnis .....	79
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	81
7.3	Tabellenverzeichnis.....	83
7.4	Münchner Musik Fragebogen.....	85
7.5	HG-Erfassungsbogen.....	91
7.6	Software Mu.S.I.C. Test .....	92
7.7	Ergebnistabellen.....	101
7.8	Lebenslauf.....	106
7.9	Danksagung .....	107

# 1 Einleitung

Das Cochlea Implantat (CI) ist ein elektronisches Gerät, welches die Hörfähigkeit von hochgradig hörgeschädigten und gehörlosen Menschen verbessern kann, wenn diese von Hörgeräten keinen Nutzen mehr haben. Über 40.000 Menschen weltweit sind derzeit mit einem CI versorgt.

Hörgeräte (HG) verstärken den einfallenden Schall und leiten diesen dann an das Gehör, im Innenohr liegend, weiter. Der mechanische Schall, als Reiz, wird durch die inneren Haarzellen in elektrische Impulse umgewandelt. Diese werden vom Hörnerv aufgenommen und weitergeleitet. Bei einem hochgradigen oder kompletten Hörverlust sind in den meisten Fällen die Haarzellen im Innenohr geschädigt oder ganz zerstört. Dadurch können die ankommenden mechanischen Schwingungen nicht mehr in elektrische Impulse (Aktionspotentiale) umgewandelt werden. Ein CI kann diese Funktion teilweise übernehmen. Es stimuliert den Hörnerv direkt unter Umgehung der Haarzellen. Mit diesem Prinzip wird es Patienten mit stark geschädigtem Gehör oder vollständig ertaubten Patienten ermöglicht, wieder akustische Signale wahrzunehmen. Voraussetzung dafür ist ein intakter Hörnerv [McDermott, 2004]. Die CI-Technologie hat in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt.

Während mit den ersten Implantaten vor rund 25 Jahren lediglich die Wahrnehmung von Geräuschen möglich war, konnte durch die Entwicklungen in den letzten Jahren ein gutes Sprachverständnis in Ruhe erzielt werden. Heute können Patienten mit einem CI Ergebnisse von bis zu 80 % im Verstehen von einsilbigen Wörtern und bis zu 100 % im Verstehen von Wörtern in Sätzen erreichen. Viele dieser Patienten haben vor allem Probleme beim Hören in akustisch schwierigen Situationen, z.B. bei Unterhaltungen mit mehr als einer Person oder beim Hören von Musik. Mit technischen Hilfsmitteln können etwa 50 % telefonieren und ihre Berufe weiterhin ausüben, die sie vorher mit ihrer Ertaubung aufgeben mussten [Dorman, 1993]. Diese Fortschritte führen einerseits dazu, dass heute auch gut resthörige Menschen mit einem CI versorgt werden können, andererseits wächst die Erwartungshaltung an die Hörhilfe.

Primär scheint die Sprache für den Menschen das Bedeutendste alles Hörbaren zu sein und stellt die wichtigste Kommunikationsform des Menschen dar [Feldmann und Kumpf, 1988], dennoch gibt es eine Vielzahl anderer akustischer Ereignisse, die im Leben Hörender eine Rolle spielen. Die größte Bedeutung kommt dabei der Musik zu. Im Gegensatz zu den zahlreichen Untersuchungen, die in den letzten Jahren

durchgeführt wurden, um die Sprachwahrnehmung und das Sprachverständnis von Patienten mit CI zu erforschen, wurde der Musikwahrnehmung und dem Musikgenuss sehr wenig Beachtung geschenkt [Gfeller et al., 2000a]. Die meisten Menschen empfinden Musik als angenehme Bereicherung ihres Lebens [Franks, 1982]. Gerade das Vermögen der Musik, Emotionen und Gefühle anzusprechen, die zuvor von bestimmten Melodien gebildet wurden oder auch neu zu erfahren, ist für viele wichtig. Menschen hören aber auch Musik, um sich zu entspannen oder einfach nur, um sich zu erfreuen oder zu tanzen. Gerade für Schwerhörige, die aufgrund ihrer Kommunikationsprobleme oft ihre gesellschaftlichen Kontakte einschränken, kann die Musik eine Art Ausgleichsfunktion haben, sofern diese Patienten denn auch in der Lage sind, trotz ihrer Behinderung diese Möglichkeit noch nutzen zu können [Feldmann und Kumpf, 1988].

Hörminderung unterschiedlichen Grades bis hin zur Taubheit, führen neben einem eingeschränkten Sprachverständnis auch zu einer Beeinträchtigung des Musikgenusses. Bei einer Befragung von Schwerhörigen, die früher gut gehört hatten, gaben 95 % aller Patienten an, dass sie früher gerne Musik gehört hatten und 79 % waren der Überzeugung, dass ihre Schwerhörigkeit das Hören oder Ausüben von Musik beeinträchtigt hat, obgleich die meisten Patienten mit ihrem Sprachvermögen zufrieden waren [Feldmann und Kumpf, 1988].

Ursache hierfür ist, dass sich die menschliche Sprache im Laufe der Zeit zu dem differenziertesten Kommunikationsmittel der Menschheit entwickelt hat, wobei es zu einer Optimierung zwischen den Möglichkeiten der Sprachproduktion und denen der Sprachperzeption gekommen ist. Aufgrund ihrer sehr hohen Redundanz ist Sprache auch unter schwierigen akustischen Bedingungen übertragbar, ohne dass ihre Funktion als Kommunikationsmittel versagt [Feldmann und Kumpf, 1988]. Diese Redundanz zeigt sich zum Einen in der Frequenzbreite, welche, wie z.B. beim Telefon, auf einen Bereich von etwa 300 bis 3500 Hertz eingeschränkt, ein Sprachverständnis immer noch erlaubt, zum Anderen in der Zahl der Wörter, welche im Telegrammstil auf einen Bruchteil reduziert, den Inhalt nicht unverständlich macht oder verfälscht.

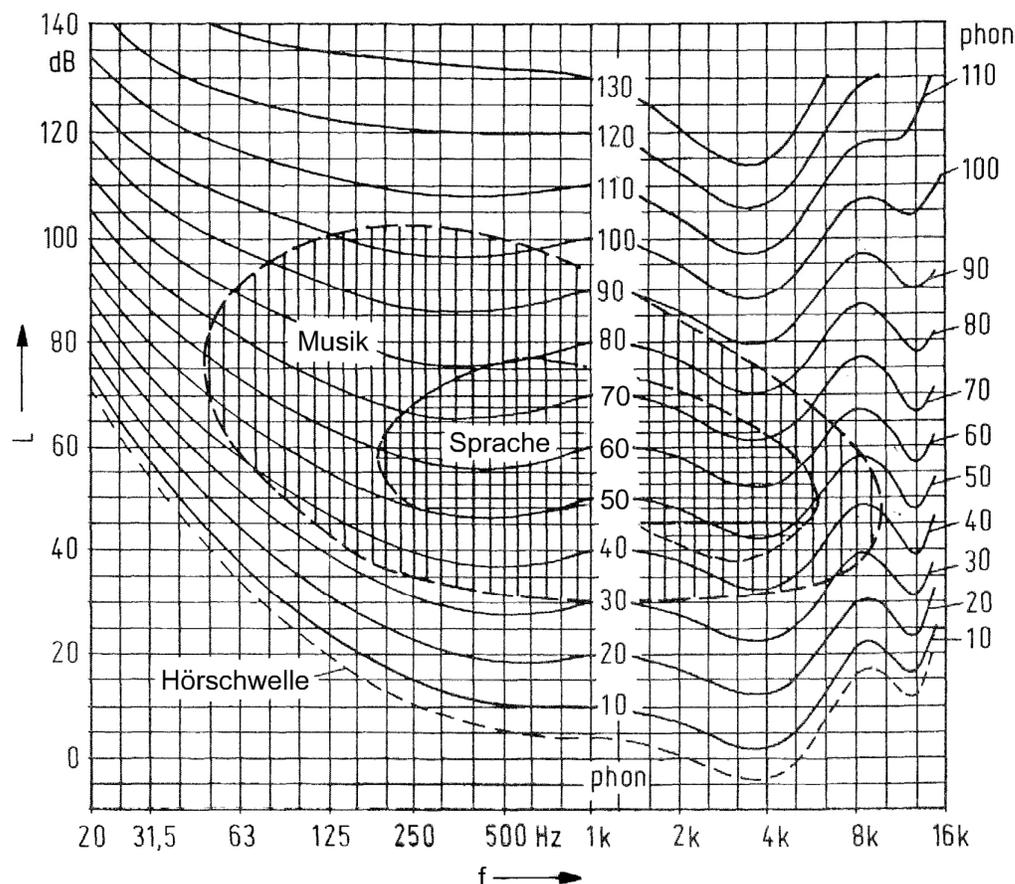
Dies trifft für das Musikhören keinesfalls zu. Musikhören stellt eine Herausforderung an das ganze Gehör dar [Franks, 1982]. Als Schöpfung des Menschen ohne eigentliche Kommunikationsfunktion ist die Musik im Gegensatz zur Sprache nicht unter den Evolutionsdruck geraten und zeigt deshalb auch nur geringe Redundanz. Sie nutzt das gesamte Frequenzspektrum, das von Menschen gehört werden kann. Techni-

sche Hörhilfen bieten keine befriedigende Klangqualität beim Musikhören, selbst wenn sie dem Patienten bestmögliche Ergebnisse im Sprachverstehen bieten [Franks, 1982].

Sprachspektrum – Musikspektrum: Alte und auch neue Sprachkodierungsstrategien wurden mit dem Ziel entwickelt, Sprache zu übertragen und sind deshalb in ihrem Frequenzspektrum auf das Sprachspektrum beschränkt. Manche Kodierungsstrategien übertragen sogar nur die Formanten der Sprache, das heißt, aus dem einfallenden Schall werden nur die engen Frequenzbänder um die Hauptfrequenzen der Sprache selektiert und dann nur diese in ein elektrisches Signal umgewandelt, welches auf den Hörnerven übertragen wird. Dies bedeutet, dass das Musikhören für die Patienten mit einem CI beeinträchtigt ist, da für die Musikwahrnehmung notwendige akustische Signale nur eingeschränkt übertragen werden.

Allen verwendeten Implantaten gemeinsam ist, dass sie selektiv den Frequenzbereich des Sprachschalls übertragen. Tiefere und höhere Töne werden nicht weitergeleitet, was die natürliche Darstellung von Musik stark beeinträchtigt, da der Frequenzbereich von Musik deutlich größer ist als der von Sprache (Abbildung 1.) [Fellbaum, 1984]. Eine weitere Einschränkung ist der begrenzte Dynamikbereich der Mikrophone aktueller Sprachprozessoren, der die größeren Lautstärkenvariationen der Musik im Vergleich zu Sprache schlecht abdeckt [Fellbaum, 1984].

**Abbildung 1:** Hörfeld von Sprache und Musik [Fellbaum, 1984], typischer Frequenz- (Hz) und Lautstärkebereich (dB).



Es gibt nur wenige Studien, die sich mit Musikwahrnehmung durch das CI befassen. Aus diesen Studien weiß man, dass die Wahrnehmung von Rhythmus über das Implantat gut möglich ist, solange es sich um genügend langsame Tempi handelt. Tonhöhen- und Klangwahrnehmung sind aber deutlich eingeschränkt. Die Teilnehmerzahlen dieser Studien sind aber meist so begrenzt, dass eine statistisch wertbare Aussage nur bedingt möglich ist. Auch werden in diesen Arbeiten keine Unterscheidungen bezüglich der verschiedenen Sprachkodierungs-Strategien gemacht.

Von Einzelfällen aus der Praxis weiß man, dass Patienten gelegentlich für Sprachhören und Musikhören auf eine andere Programmierung umschalten. Dies bestätigt die theoretischen Überlegungen, dass die Sprachkodierungs-Strategien berücksichtigt werden müssen, wenn es um die Erforschung des Musikhörens bei Implantat-Patienten geht. Diese Studie soll Einblick geben in die Musikhörfähigkeiten von CI Patienten, die zusätzlich fast immer auf dem anderen Ohr noch eine Resthörbarkeit besitzen und hier mit einem Hörgerät versorgt sind. Dabei werden die heutigen Höreindrücke für sich jeweils allein mit CI und HG allein getestet und bewertet,

sowie im Kontext im bimodalen Status zum Vergleich. Herauszustellen ist hierbei die unterschiedliche Rhythmus-/ Musik-/ und Instrumentenhörfähigkeit mit den jeweiligen Geräten.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Faktoren zu verstehen, welche die Musikwahrnehmung beeinflussen, um eine Kodierungsstrategie für CI zu entwickeln, die eine Verbesserung des Musikhörens erlaubt.

## 2 Methodik

### 2.1 Musiktest: *Mu.S.I.C. Studie*

Der Test wurde zusammengestellt, um folgende Aspekte der Musikwahrnehmung zu testen:

- Rhythmusdiskrimination
- Frequenzdiskrimination
- Melodiediskrimination
- Klangdiskrimination
- Instrumentenidentifikation
- Unterscheidungsvermögen für die Anzahl der dargebotenen Instrumente
- Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung
- Beurteilung der Emotionalität von Musik

Alle im Test verwendeten Musikdateien sind mit echten Instrumenten und nicht mit einem Synthesizer aufgenommen. Die Stücke wurden in der Royal Scottish Academy of Music and Drama mit professionellen Musikern aufgenommen.

Alle Musikdateien wurden mit einer Aufnahmerate von 44.1kHz digital mit Hilfe des Programms *Pro-Tool* aufgenommen und wurden auf -3dB normalisiert. Die Datei zur Frequenzunterscheidung wurde so justiert, dass Normalhörende sie als gleich laut empfinden.

Außer für die Tests zur Frequenz- und Rhythmusunterscheidung liegen alle Untertests in Mono und Stereo vor. Die gesamte Testbatterie enthält 2400 Musikdateien, die als *\*.wvx-Dokumente* kodiert sind.

Alle Ergebnisse werden automatisch in einer Access-Datenbank gespeichert. Namen und Geburtsdaten sind verschlüsselt, so dass jemand, der die Datenbank mit Access öffnet, die persönlichen Dateien nicht einsehen kann. Die Identifizierung der Probanden erfolgt über eine Nutzerkennung, die nicht verschlüsselt wird.

## **2.2 Testdetails**

### **2.2.1 Rhythmusdiskrimination**

Dieser Untertest ist ebenfalls an die Tests zum „Aural training in practice“ des Associated Board of the Royal Schools of Music angelehnt. Ziel des Testes ist es, die Fähigkeit Unterschiede im zeitlichen Rhythmus wahrzunehmen und zu untersuchen.

Es gibt drei Schwierigkeitsstufen in der leichtesten Ebene und jeweils zwanzig Paare in den anderen Ebenen. Die Länge beträgt jeweils einen Takt. Der Computer wählt für jeden Durchlauf eigenständig eine Präsentationsreihenfolge aus. Sie kann AA, BA, AB oder BB lauten. Der Proband soll entscheiden, ob es sich um gleiche oder ungleiche Rhythmen handelt. Das Ergebnis wird für jedes Paar als „richtig“ oder „falsch“ gespeichert.

### **2.2.2 Frequenzdiskrimination**

Dieser Test prüft die Frequenzdiskrimination mit einer Reihe unterschiedlicher Instrumente im Frequenzbereich von 27 bis 4186 Hertz.

Das kleinste Intervall beträgt einen Viertelton. Alle Dateien sind Aufnahmen von echten Instrumenten. Das Vierteltonintervall wurde aus dem nächstliegenden Halbtonschritt hergestellt. Initial waren alle Dateien auf -3 dB normalisiert. Da sie dennoch teilweise von normal hörenden Personen als unterschiedlich laut empfunden wurden, wurden sie nach den Angaben mehrerer normal hörender Probanden auf die gleiche subjektive Lautheit justiert. Die Länge der Töne wurde so justiert, dass sie bei allen Noten innerhalb einer Oktave bei einem Instrument um maximal 10 % variieren. Alle Dateien liegen in Mono vor.

Die Instrumente wurden so gewählt, dass alle Instrumentenfamilien (Saiten-, Blas-, Tasten-) vertreten und der gesamte Tonumfang, der in der westlichen Musik genutzt und abgebildet wird.

**Tabelle 1:** Im Testteil „Frequenzdiskrimination“ verwendete Instrumente mit dem zugehörigen Tonumfang

<i><b>Instrument</b></i>	<i><b>Umfang [Hz]</b></i>	
	<i><b>von</b></i>	<i><b>bis</b></i>
Klavier	A 0/27	C 8/4186
Clarinetten: Contrabass, Bass, Bb	F #0/46	D 6/1175
Doppelrohrblatt: Kontrafagott, Fagott, Oboe	A #0/29	F 6/1397
Posaune: bass, tenor, alto	F 1/44	F 5/698
Horn	D 2/73 Hz	D 5/587 Hz
Streichinstrumente: Contrabass, Cello, Viola, Violine	C 1/33	C 7/2093
Sinuston	A 0/28	C 8/4186

Wenn ein Frequenzbereich durch mehrere Instrumente repräsentiert wird, wurde der Übergang in dem Bereich gewählt, in dem der Timbreunterschied am geringsten ist. Der Zielnote wird sich mittels einer adaptiven Treppe angenähert, die sich im Wesentlichen an die von Levitt [Levitt, 1971] beschriebene Methode hält. Eine Änderung wurde für die initialen Intervalle eingebracht, um guten Probanden zu ermöglichen, schnell in einen sinnvollen Testbereich zu gelangen und um die bei CI-Patienten beschriebene Frequenzumkehr zu minimieren. Bei den ersten Präsentationen ändert sich das Intervall nach lediglich zwei richtigen oder falschen Antworten. Bei diesem Test sind Wiederholungen nicht erlaubt, da sie die Logik des Testalgorithmus stören würden. Das Konfidenzintervall kann zwischen 71 % und 89 % gewählt werden und wird in der Testkonfiguration gespeichert.

Da es aufgrund der wiederholten Darbietung der Zielnote einfach ist, diese zu erkennen, werden mehrere adaptive Treppen verwoben. Sie können von dem gleichen Instrument oder Zielnoten sein, oder von unterschiedlichen. Das Programm erlaubt es, 10 adaptive Treppen gleichzeitig zu testen. Es ist nicht möglich, die Pause zwischen den Noten oder die randomisierte Präsentation der Zielnote zu verändern. In dieser Test-Konfiguration können Instrumentengruppe und Zielnote ausgewählt werden. Daneben ist das Intervall wählbar, mit dem der Test beginnen soll. Es liegt zwischen einem Viertelton und eineinhalb Oktaven. Das ausgewählte Intervall wird von dem Programm dahin gehend geprüft, dass es innerhalb des Frequenzbereichs liegt, der in den Dateien angeboten wird.

In der Datenbank werden das Instrument, die Zielnote, die Richtung von der sich der Zielnote genähert werden soll, das Konfidenzintervall und die erreichte Frequenzdiskrimination gespeichert.

Ein Protokoll jeder Präsentation und der Antworten wird auch an die pitchlog.txt Datei angehängt. Dadurch kann der Testablauf nachvollzogen werden. Die Speicherung erfolgt im Textformat. Ausnahme sind die Instrumente, die in kodierter Form abgelegt werden.

### **2.2.3 Melodiediskrimination**

Der Test ist locker an die Tests zum „Aural training in practice“ des Associated Board of the Royal Schools of Music angelehnt. Ziel ist es, die kleinste Frequenzänderung zu finden, die ein Proband innerhalb einer einhändigen Klavierphrase erkennen kann.

Es gibt sieben Schwierigkeitsstufen, die von einer Frequenzänderung von zwei Oktaven bis zu einem Halbton reichen. Für jede Stufe haben wir achtzehn Paare von Tonbeispielen aufgenommen. Eine Phrase ist monotonal, die andere enthält eine oder mehrere Frequenzvariationen. Der Proband soll angeben, ob das erste oder das zweite Musikstück verschiedene Noten enthält. Innerhalb einer Schwierigkeitsstufe werden die Stücke randomisiert dargeboten. Jedes Beispiel kommt nur einmal zur Anwendung. Das Programm entscheidet randomisiert, ob zu erst die polytone oder die monotone Phrase gespielt wird. Der Test beginnt mit einer mittleren Schwierigkeitsstufe (Stufe 3). Alle Stücke sind auf dem Piano gespielt und liegen in Mono und Stereo vor. Der Algorithmus wurde von IVSR zur Verfügung gestellt und basiert auf der Levitt Methode [Levitt, 1971]. Drei Testpaare werden gespielt. Drei richtige Antworten führen zur nächst schwierigeren Ebene, ein Fehler zur leichteren. In der nächsten Ebene kommt der gleiche Vorgang zur Anwendung. Der Test endet nach sechs Umkehrungen und das Mittel aus den letzten fünf Ebenen wird als Ergebnis gespeichert. Die Extremfälle mit keiner richtigen Antwort auf Ebene 1 und sieben korrekten Angaben auf Ebene sieben werden als „0“ bzw. „7“ gespeichert. In der Datenbank wird das Endergebnis als Zahl gespeichert (siehe Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Melodieerkennung, Ergebniskategorien und zugehörige Codes

<b>Gespeicherte Zahl</b>	<b>Klartext</b>
0	Intervalle von 2 Oktaven werden nicht erkannt
1	Intervalle von 2 Oktaven werden erkannt
2	Intervalle von 1 ½ Oktaven werden erkannt
3	Intervalle von 1 Oktave werden erkannt
4	Intervalle von 8 Halbtönen werden erkannt
5	Intervalle von 4 Halbtönen werden erkannt
6	Intervalle von 2 Halbtönen werden erkannt
7	Intervalle von 1 Halbton werden erkannt

Aufgrund der Anzahl der vorliegenden Dateien muss die Konfiguration immer alle zur Verfügung stehenden Dateien verwenden.

#### **2.2.4 Akkorddiskrimination**

Dieses Modul wurde entworfen, um die Unterscheidungsfähigkeit von Klängen zu testen. Für diesen Test wurde Klang definiert als zwei oder mehr Klaviertöne, die gleichzeitig angeschlagen werden. Es liegen drei Schwierigkeitsstufen vor, mit jeweils fünfzehn Paaren pro Ebene. Die Klänge sind jeweils eine Viertelnote lang, die Pause zwischen ihnen hat die gleiche Länge. Die Probanden werden aufgefordert zu entscheiden, ob die Klänge gleich oder unterschiedlich sind. Das Ergebnis wird für jedes Paar als „richtig“ oder „falsch“ gespeichert.

#### **2.2.5 Instrumentenidentifikation**

In diesem Testabschnitt wird die Fähigkeit untersucht, ein Musikinstrument zu identifizieren. Die Instrumente wurden prinzipiell wiederum so gewählt, dass alle Instrumentenfamilien (Saiten-, Blas-, Tasten-) vertreten sind und der gesamte Tonumfang, der in der westlichen Musik genutzt wird, abgebildet wird. Die Aufnahmen waren jedoch dadurch festgelegt, welche Musiker der Royal Academy of Music sich zu einer Mitarbeit bereit erklärten.

Folgende Instrumente wurden aufgenommen: Fagott, Kontrabass, Cello, Querflöte, Piccoloflöte, Waldhorn, Oboe, Piano, Posaune, Trompete, Tuba, Viola, Violine, Xylophon. Daneben wurde noch eine Sopransängerin aufgenommen.

Für jedes Instrument und die Sängerin gibt es drei Dateien: Eine auf- und absteigende Tonleiter in C-Dur mit einer Dauer von 12-14 sec. „Baa Baa Black Sheep“, ein Britisches Kinderlied, mit circa 15 sec. Länge (ohne Text). Ein Stück, das typisch für das jeweilige Instrument ist und von dem jeweiligen Musiker ausgesucht wurde. Die Stücke sind 13-18 sec. lang. Alle Stücke liegen in Mono und Stereo vor.

Da davon auszugehen ist, dass einige Probanden die Namen der Musikinstrumente nicht kennen, wohl aber den Klang identifizieren können, erfolgen die Antworten durch Anklicken einer Schaltfläche auf der das Bild des jeweiligen Instruments zu sehen ist. In diesem Modul gibt es keine Demonstration vor Testbeginn, um kein Instrument zu bevorzugen.

Das Ergebnis wird gespeichert als Zahl, die dem Instrument zugeordnet ist.

### **2.2.6 Instrumentendetektion**

In diesem Modul wird getestet, wie gut Probanden die Anzahl der unterschiedlichen Instrumente aus einem Klanggemisch heraushören können.

Die Aufnahmen erfolgen mit fünf Instrumenten (Cello, Querflöte, Trommel, Xylophon, Trompete). Das Stück ist etwa 15 sec. lang. Jedes Instrument hat einige Takte, in denen es alleine zu hören ist. Alle Instrumente sind auf die gleiche Lautstärke normalisiert. Das Stück wurde speziell für diesen Test von Oliver Searle komponiert. Die Probanden sollen eine Schaltfläche anklicken, auf der die Anzahl der gespielten Instrumente (1-5) angegeben ist. Während der Demonstration können alle Instrumente einzeln angehört werden. Es gibt insgesamt 30 Dateien, bei denen 1-5 Instrumente spielen.

Das Ergebnis wird gespeichert als die Zahl, die als Anzahl der Instrumente, die gehört wurden, angeklickt wurde.

## **2.2.7 Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung**

In diesem Untertest werden Klänge dem Probanden einzeln dargeboten, der aufgefordert wird zu beurteilen, wie dissonant ein Klang empfunden wird. Die Einordnung in konsonant und dissonant ist stark abhängig von der Musikkultur und Erfahrung des Probanden.

Alle Tonbeispiele sind von einem Klavier aufgenommen. Die Klänge, die ohne Pedal gespielt wurden, sind 1 sec. lang, die mit Pedal 4 sec. lang. Die Beispiele sind in drei Kategorien eingeteilt worden. Kategorie eins vollständig konsonant, zwei leicht dissonant, drei stark dissonant. Die Einordnung in die Kategorien erfolgte durch Oliver Searle auf Grundlage derzeit bestehender musiktheoretischer Grundlagen. Für jede Kategorie liegen 15 Dateien vor. Die Skalierung erfolgt auf einer visuellen Analogskala in zehn Kategorien von 1-10. „1“ bedeutet „misstönend“, 10 „melodiös“. Das Ergebnis wird gespeichert als die Zahl, die von dem Probanden angegeben wurde.

## **2.2.8 Beurteilung der Emotionalität von Musik**

Dieses Modul untersucht, welchen emotionalen Eindruck Musikstücke beim Hörer hinterlassen. Er basiert auf einer Testidee von Peretz. Die 32 Stücke wurden speziell für den Test durch Oliver Searle RSAMD komponiert. Die Länge beträgt 11-22 sec. Es kommen folgende Instrumente zur Anwendung: Klavier, Querflöte, Waldhorn, Cello.

Die Skalierung erfolgt in zehn Kategorien von „1“ traurig bis „10“ fröhlich. Das Ergebnis wird gespeichert als die Zahl, die von den Probanden angegeben wurde.

## **2.3 Hauptmerkmale von Cochlea Implantaten**

Die Probanden, welche an der Mu.S.I.C. Studie teilgenommen haben, sind mit den CI-Systemen der Marke MED-EL ausgestattet. Drei Probanden verwendeten das CIS PRO+ (CI bimo MUC2, CI bimo MUC4, CI bimo MUC6), die übrigen sieben Probanden das TEMPO+ (CI bimo MUC1, CI bimo MUC3, CI bimo MUC5, CI bimo MUC7, CI bimo MUC9, CI bimo MUC10, CI bimo MUC11). Die wesentlichen charakteristischen Eigenschaften zeigt Tabelle 3.

**Tabelle 3: Überblick über die in der Mu.S.I.C Studie verwendeten Cochlea Implantat-Systeme**

	<b>MED-EL</b>
Stimulationsrate - gesamt - Ø pro Kanal	max. 18.000 1.500
Anzahl Kanäle pro Stimulationszyklus	12 monopolar
Elektrodenkontakte	24 plus Masse
Elektrodenraum	2,6 mm
Telemetrie	Ja
CIS Strategie	Ja
Gespeicherte Programme	3
Frequenzspektrum	CIS PRO+: 350-5500 Hz TEMPO+: 200-8500 Hz

#### ***2.4 Fragebogen 1: Erfassen von Musikhörgewohnheiten postlingual ertaubter Patienten nach Cochlea Implantation***

Der in dieser Studie verwendete Fragebogen, der Munich Music Questionnaire (MU-MU), wurde für eine vorausgegangene Untersuchung entworfen und nach Vorschlägen von CI-Patienten, eines Statistikers, Musikern und einem Musiktheoretiker modifiziert. Danach wurde der Fragebogen in einer Pilotstudie über die Rolle der Musik im Leben von CI-Patienten an 32 Personen aus zwei CI-Zentren eingesetzt.

Nach dieser Pilotstudie wurde die Reihenfolge der Fragen nochmals verändert, sonst blieb der Fragebogen unverändert.

Zum Fragebogen der Patientengruppe siehe Anhang 7.4.

Der Bogen wurde nach Abschluss des Musikhörtestes den jeweiligen Patienten, die die oben genannten Kriterien erfüllen, ausführlich erklärt sowie die Wichtigkeit in Zusammenhang mit dem Hörtest erläutert.

Als Fragentypen kamen sowohl offene, wie auch geschlossene Fragen zur Anwendung, die sowohl qualitative, wie auch quantitative Daten erfassen sollten.

Es waren Fragen danach enthalten, ob und wie viel die Patienten in ihrer Kindheit, sowie vor der Ertaubung und nach der Implantation, Musik gehört hatten, welche Richtungen sie bevorzugt hatten und jetzt bevorzugen, ob und wie viel sie gesungen

oder musiziert hatten und welche Instrumente sie erkennen können oder bevorzugen. Gefragt wurde auch nach den Gelegenheiten, bei welchen die Patienten Musik hörten.

## **2.5 Fragebogen 2: Hörgeräteerfassung Mu.S.I.C. Studie**

Der Hörgeräteerfassungsbogen dient in dieser Studie dazu, patientenspezifische Angaben zu erhalten, in Bezug auf die Art des Hörgerätes, die Kodierung und Kanalzahl sowie die Signalverarbeitung (digital/analog) und das Ohrpasstück (offen/geschlossen), was für den individuellen Höreindruck von Relevanz ist.

In Zusammenhang damit wird an dieser Stelle auch erfasst, wann die letzte Anpassung bei dem jeweilig zuständigen Akustiker war und dessen Adresse, um eventuell auftretende Fragen klären zu können.

**Tabelle 4:** Übersicht über die von den Patienten verwendeten Hörgeräte

<b>ID</b>	<b>Hörgerät</b>	<b>Kanalanzahl</b>	<b>Signalverarbeitung</b>	<b>Frequenzspektrum</b>	<b>Seite</b>
CI bimoMUC1	MIC Bravo B2	2	digital	100-7000 Hz	Links
CI bimoMUC2	Siemens S3	1	analog	200-5800 Hz	Rechts
CI bimoMUC3	Siemens Prisma	4	digital	100-6000 Hz	Rechts
CI bimoMUC4	Widex	2	analog	100-5000 Hz	Rechts
CI bimoMUC5	Siemens Phoenix 313	1	digital	240-6000 Hz	Rechts
CI bimoMUC6	Oticon Sumo XP	1	digital	100-5000	Links
CI bimoMUC7	Phonak Perseo 311 dAZ Forte	20 <sup>a</sup>	digital	100-6000 Hz	Rechts
CI bimoMUC9	Siemens Prisma	4	digital	100-6000 Hz	Links
CI bimoMUC10	Phonak novo forte	1	analog	80-5000 Hz	Links
CI bimoMUC11	Oticon Adapto Compact P	7	digital	100-5000 Hz	Rechts

a = davon 6 programmierbar

Eingeschlossen wurden 10 Personen, darunter acht Frauen und zwei Männer. Die Testpersonen waren zwischen 33 und 75 Jahren alt, im Mittel  $57,8 \pm 13,9$  Jahre alt. 60 % der Patienten trug ihr Hörgerät rechts.

## **2.6 Statistik**

Die erhobenen Daten wurden in ein elektronisches Datenerfassungsprogramm eingegeben, anonymisiert gespeichert und ausgewertet.

Für stetige Variablen wurden folgende Kennwerte berechnet:

- Anzahl der gültigen Werte (-).
- arithmetischer Mittelwert (in der Dimension der zugehörigen Variablen).
- Minimum (Dimension s.o.).
- Maximum (Dimension s.o.).
- Standardabweichung (Dimension s.o.).

Für diskrete Variablen wurden die Anzahl der Werte in jeder Kategorie und deren Anteil an der Gesamtzahl (in Prozent) berechnet.

Unterschiede zwischen diskreten Variablen wurden mit dem Chi-Quadrat-Test auf Signifikanz überprüft. Der Test prüft die Nullhypothese: „Die Besetzungszahlen der Vierfeldertafel sind proportional zu den Randsummen“.

Zur Analyse von Unterschieden in stetigen Parametern bei paarweisen Vergleichen von Hörmessungen mit CI und HG, CI allein und HG allein kam der t-Test für abhängige Stichproben zum Einsatz. Hierbei kann ein beträchtlicher Teil der Inner-Gruppen-Streuung der Werte in beiden Gruppen auf die anfänglichen Differenzen zwischen den Personen zurückgeführt werden. Die Nullhypothese lautet „Die verglichenen Angaben unterscheiden sich nicht.“.

Ergebnis eines jeden Tests ist die Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$ . Je kleiner  $p$ , desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein postulierter Unterschied zwischen Stichproben tatsächlich existiert. Die für einen Test aufgestellte Nullhypothese wurde abgelehnt, wenn  $p$  kleiner als 0,05 (=5%) war. Das Ergebnis wurde dann als "statistisch signifikant" bezeichnet. Testergebnisse mit  $p > 0,05$ , aber  $p < 0,1$  wurden als tendenzielle Unterschiede bezeichnet.

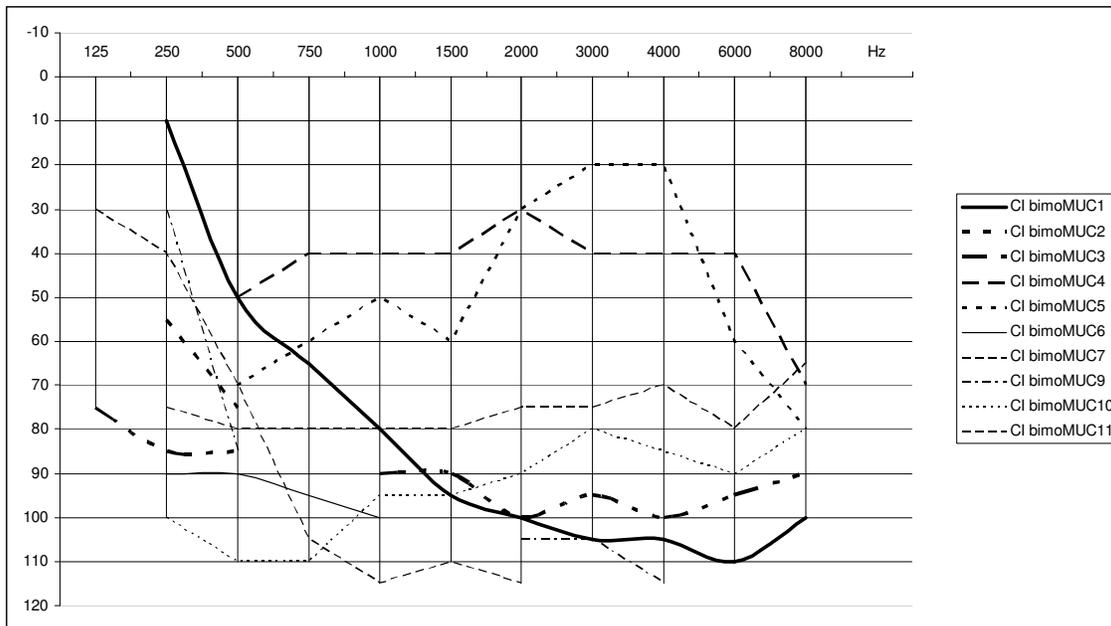
### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Darstellung des Resthörvermögens mit HG

Anmerkung: Die folgenden Daten der eingeschlossenen Patienten für die Auswertung waren von insgesamt acht Probanden verwertbar (ClbimoMUC1-3, ClbimoMUC6-7, ClbimoMUC9-11), bei zwei Patienten lagen jedoch nur eingeschränkte Daten für die Auswertung des Resthörvermögens vor (Cl bimoMUC2+6).

Anhand der dargestellten Grafik (siehe Abbildung 2) wird ersichtlich, dass der Hörverlust im Tonaudiogramm im hochgradigen Bereich lag, Bei 4 Probanden lagen verwertbare Hörreste im Tieftonbereich vor.

**Abbildung 2:** Auswertung des Resthörvermögens im Tonaudiogramm (Hörminderung in dB für die einzelnen Frequenzen in Hz).



### **3.2 Auswertung Musikhörtest nach Subtest und Einzelpersonen unter Anwendung von CI, HG und CI+HG**

Anmerkung: Im Folgenden wird die Testreihenfolge in Bezug auf die Mu.S.I.C- Studie dargestellt, in Aufgliederung nach ihren Subtesten

Rhythmusdiskrimination,

Frequenzdiskrimination (Intervalle hören),

Melodiediskrimination,

Akkorddiskrimination,

Instrumentenidentifikation,

Instrumentendetektion (Anzahl der dargebotenen Instrumente),

Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung,

Beurteilung der Emotionalität von Musik.

Es werden hierzu die Daten von den Patienten verwendet, die zuerst mit einem CI, dann mit HG und abschließend mit CI und HG innerhalb der Mu.S.I.C- Studie getestet worden sind.

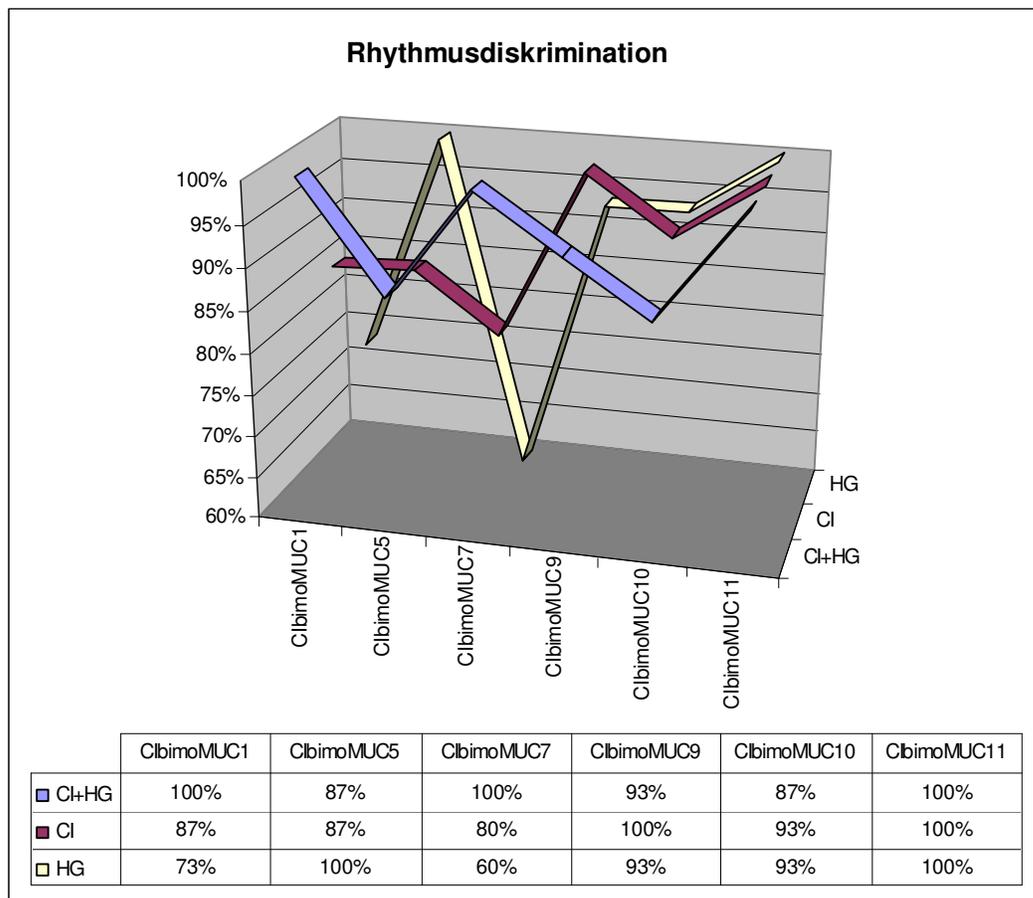
Aus der Stichprobe der 10 Patienten konnten die Ergebnisse von 6 Patienten (Identifikation ClbimoMUC1, ClbimoMUC5, ClbimoMUC7, ClbimoMUC9, ClbimoMUC10, ClbimoMUC11) in die Auswertung eingeschlossen werden, von den anderen Patienten lagen keine Ergebnisse zum Musikhörtest vor.

#### **3.2.1 Rhythmusdiskrimination**

Die Rhythmusdiskrimination mit CI erfolgte mit  $91,2 \pm 8,0$  % (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) im Bereich 87 % bis 100 %. Mit HG lagen die Werte zwischen minimal 60 % bis 100 % bei einem Durchschnitt von bei  $86,5 \pm 16,3$  %. Mit bimodaler Ausstattung lag der Wert im Mittel bei  $94,5 \pm 6,4$  % und schwankten von 87 % bis 100 % (siehe Abbildung 3). Die höchste Erkennungsrate ergab sich für CI plus HG, dann CI und zuletzt HG, wobei die Unterschiede nicht statistisch signifikant waren (t-Test für abhängige Stichproben, CI+HG versus CI:  $p = 0,49$ , CI+HG versus HG:  $p = 0,39$ , CI versus HG:  $p = 0,37$ ).

Im Einzelnen wurden bei der Austestung des gehörten Rhythmus für ClbimoMUC1 CI+HG 100 % erreicht, mit dem CI allein 87 % und mit dem HG allein 73 %. Bei ClbimoMUC5 wurden 87 % mit CI+HG erkannt, 87 % mit CI allein und 100 % mit HG allein. Bei ClbimoMUC7 wurden mit CI+HG 100 % erkannt, mit CI allein 80 % und mit HG allein 60 %. In der Testung des Rhythmus von ClbimoMUC9 wurden mit CI+HG 93 % erkannt, 100 % mit dem CI allein und 93 % mit dem HG allein. Die Rhythmuserkennung für ClbimoMUC10 ergab bei CI+HG 87 %, bei CI und HG allein jeweils 93 %. Für ClbimoMUC11 lag sie schließlich in allen drei Varianten bei 100 %.

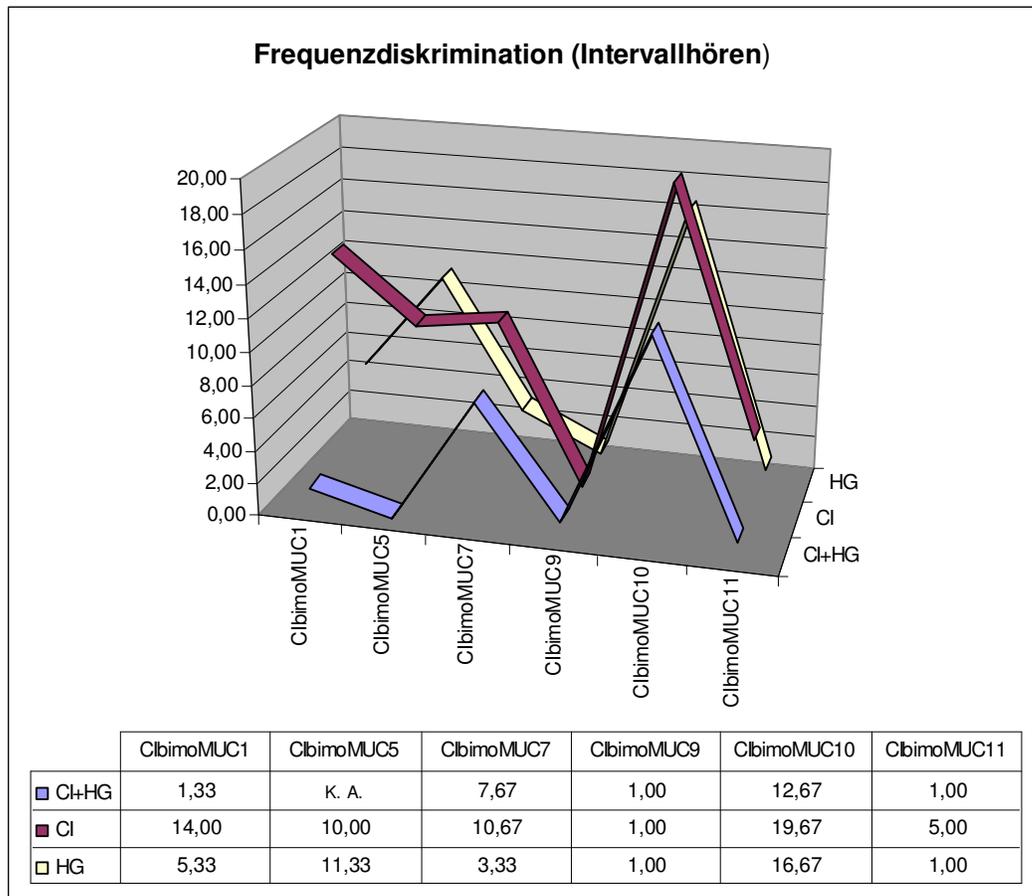
**Abbildung 3:** Rhythmusdiskrimination (Anteil korrekter Ergebnisse) bei Nutzung nur des Cochlea Implantates (CI), nur des Hörgerätes (HG) und kombinierter Nutzung von Cochlea Implantat und Hörgerät (CI+HG).



### 3.2.2 Frequenzdiskrimination (Intervallhören)

Bei der Nutzung des CI allein lagen die Werte zwischen 1 und fast 20 Vierteltonschritten, im Mittel bei  $10,06 \pm 6,57$  (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung). Nur mit Hörgerät schwankten die Werte im Bereich von 1 bis etwa 17 Vierteltonschritten, im Mittel  $6,44 \pm 6,30$ . Die Frequenzdiskrimination für bimodales Musikhören (CI+HG) schwankte bei den Teilnehmern insgesamt von 0 bis 12,7 Vierteltonschritten mit einem Mittelwert von  $4,73 \pm 5,27$  Vierteltonschritten (siehe Abbildung 4).

**Abbildung 4:** Frequenzdiskrimination bei Nutzung nur des Cochlea Implantates (CI), nur des Hörgerätes (HG) und kombinierter Nutzung von Cochlea Implantat und Hörgerät (CI+HG).



Die Frequenzdiskrimination war mit CI allein im Schnitt am besten und tendenziell besser als mit HG allein bzw. CI und HG kombiniert (t-Test für abhängige Stichproben,  $p = 0,08$  bzw.  $p = 0,07$ ). Der Unterschied zwischen HG allein und CI und HG kombiniert war nicht statistisch signifikant (t-Test für abhängige Stichproben,  $p =$

0,66). Bei den Einzelbetrachtungen fällt auf, dass der Patient mit der Codierung ClbimoMUC1 bei der Frequenzunterscheidung mit CI+HG gemeinsam 1,3 Vierteltonstufen erkennen konnte. Mit dem CI allein waren es 14 und mit dem Hörgerät allein 5,3 Vierteltonstufen. Für den Patienten mit der Kennung ClbimoMUC5 war mit CI+HG gemeinsam die Frequenzunterscheidung von 0,0 Vierteltonstufen kodiert. Dieser Wert war nicht glaubhaft, da mit dem CI allein 10 und nur mit dem HG allein 11,3 Vierteltonstufen erkannt wurden. Der Wert wurde als fehlende Angabe behandelt. Der Patient ClbimoMUC7 erkannte 7,7 Vierteltonstufen mit CI+HG, 10,7 mit dem CI allein und 3,3 mit dem HG allein. Der Proband mit der Kennung ClbimoMUC9 erkannte in allen drei Varianten je eine Vierteltonstufen. Der Patient ClbimoMUC10 erkannte mit CI+HG 12,7 Vierteltonstufen, mit CI allein 19,7 und mit HG allein 16,7. Der Teilnehmer ClbimoMUC11 schließlich erkannte mit CI+HG eine Tonstufe, mit CI allein 5 und mit HG allein eine Tonstufe.

### **3.2.3 Melodiediskrimination**

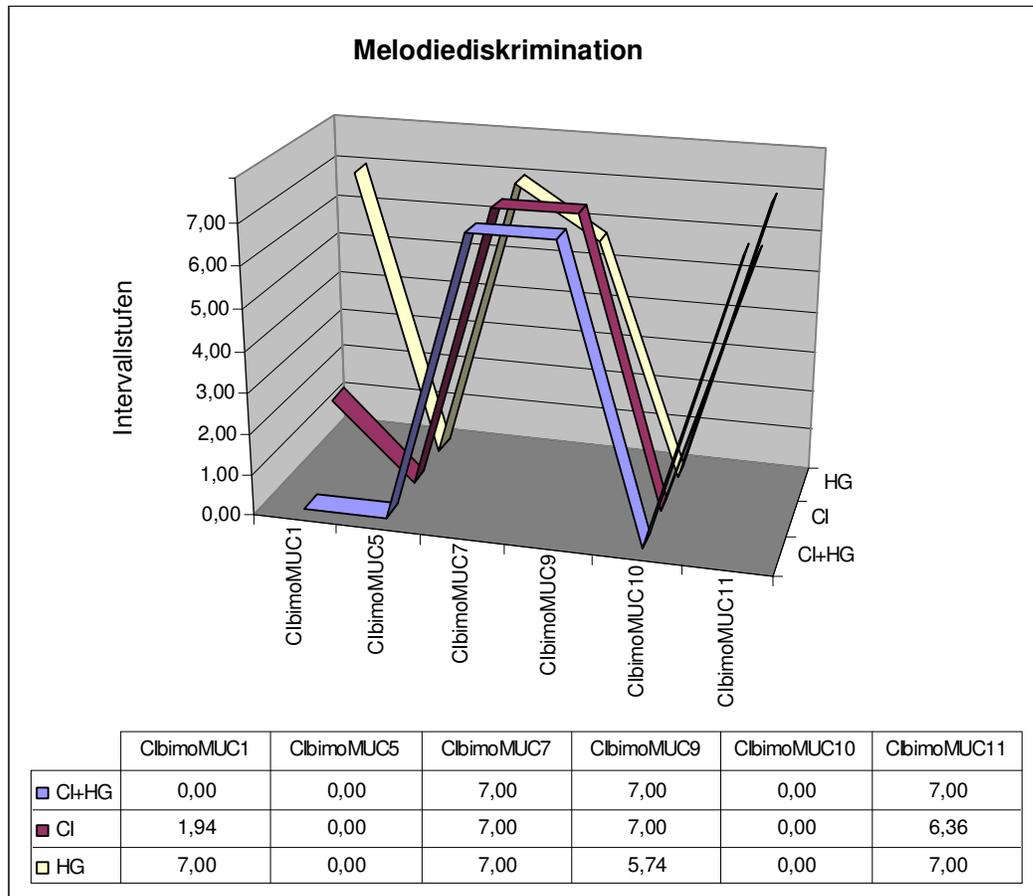
Betrachtet man den Subtest Melodiediskrimination nach den Hörmodalitäten CI, HG und CI+HG, so lagen die Ergebnisse bei CI alleine zwischen den Werten 0, d.h. Intervalle von zwei Oktaven wurden nicht erkannt, und 7, d.h. Intervalle von einem Halbton wurden erkannt, mit einem Mittelwert von  $3,7 \pm 3,4$ , d.h. im Mittel wurde ein Intervall von fast acht Halbtönen erkannt.

Bei Verwendung von HG alleine schwanken die Werte ebenfalls zwischen 0 und 7. Im Mittel jedoch lag der Wert mit  $4,5 \pm 3,5$  etwas höher; hier wurde durchschnittlich ein Intervall zwischen acht Halbtönen und vier Halbtönen erkannt.

Mit CI und HG gemeinsam erreichten die Werte nur Ausprägungen 0 und 7, und zwar je drei Probanden mit 0, d.h. Intervalle von 2 Oktaven wurden nicht erkannt und drei Probanden mit 7, d.h. d.h. Intervalle von einem Halbton wurden erkannt. Hier lag daher der Mittelwert bei 3,5 d.h. ein Intervall von 1 Oktave bzw. acht Halbtönen wird erkannt (siehe Abbildung 5).

Insgesamt lag die Melodieerkennung bei Verwendung von HG alleine am besten, anschließend mit CI alleine und dann CI+HG. Die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant (t-Test für abhängige Stichproben, CI+HG versus CI:  $p = 0,57$ , CI+HG versus HG:  $p = 0,47$ , CI versus HG:  $p = 0,45$ ).

**Abbildung 5:** Melodiediskrimination bei Nutzung nur des Cochlea Implantates (CI), nur des Hörgerätes (HG) und kombinierter Nutzung von Cochlea Implantat und Hörgerät (CI+HG). Bedeutung der Y-Achse: 0 = Intervalle von 2 Oktaven werden nicht erkannt, kleinste erkannte Intervalle: 1 = 2 Oktaven, 2 = 1 ½ Oktaven, 3 = 1 Oktave, 4 = 8 Halbtöne, 5 = 4 Halbtöne, 6 = 2 Halbtöne, 7 = 1 Halbton.



Bei den Einzelpersonen erkannten CibimoMUC5 und CibimoMUC10 bei allen drei Möglichkeiten Intervalle von 2 Oktaven nicht. CibimoMUC1 erkannte Intervalle von zwei Oktaven mit CI und HG ebenfalls nicht, mit CI allein aber Intervalle von 1 1/2 Oktaven und mit HG Intervalle von 1 Halbton. CibimoMUC7 konnte in allen drei Modalitäten die 7 erreichen, d.h. Intervalle von 1 Halbton wurden erkannt. CibimoMUC9 erreichte bei CI+HG und CI allein ebenfalls den Bestwert 7 und mit HG allein den Wert 6, d.h. Intervalle von 2 Halbtönen wurden erkannt. CibimoMUC11 erkannte dagegen mit CI+HG und HG allein Intervalle von 1 Halbton (Wert 7) und erreichte bei CI allein den Wert 6, d.h. Intervalle von 2 Halbtönen wurden erkannt.

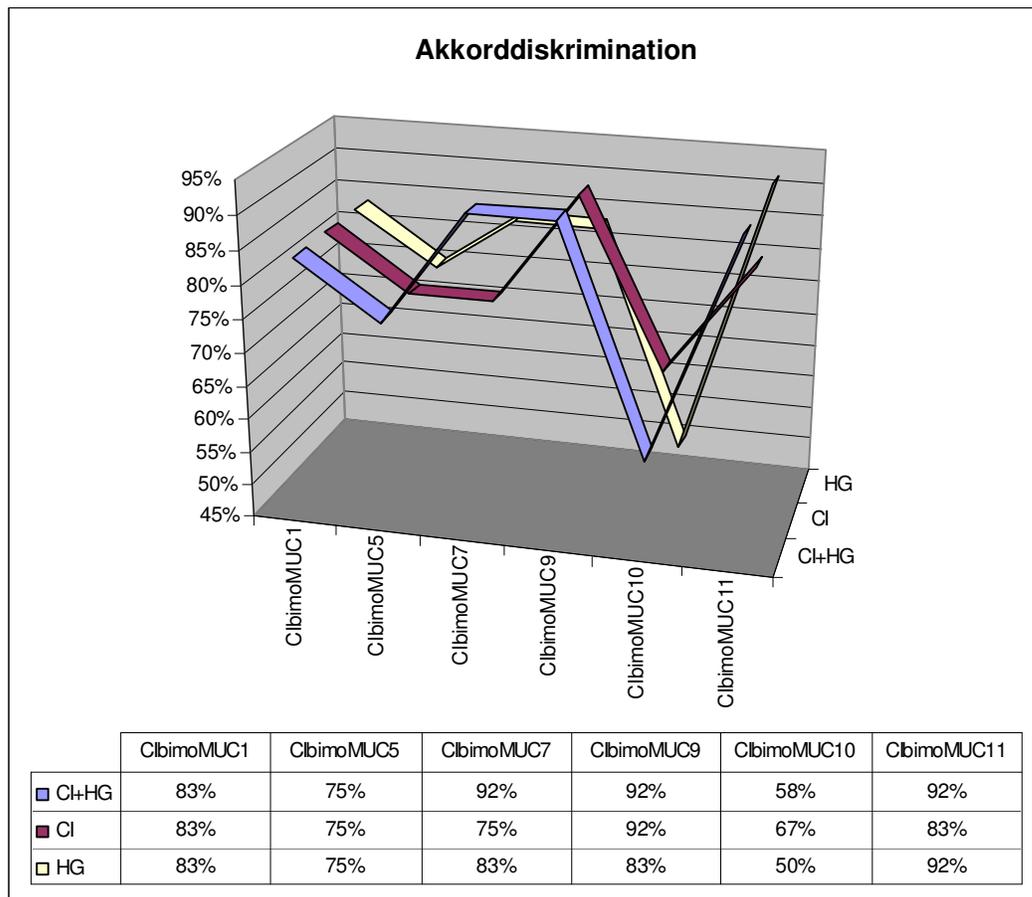
### 3.2.4 Akkorddiskrimination

Im Subtest Akkorddiskrimination wurde die Anzahl unterschiedener Akkorde untersucht. Mit dem CI allein wurden insgesamt zwischen 67 % und 92 % erkannt. Im Mittel lag die Erkennung bei  $79,2 \pm 8,7$  %, also bei mehr als zwei Dritteln. Mit HG allein fiel das Ergebnis im Mittel fast gleich aus ( $77,7 \pm 14,6$  %), hier schwankten die Zahlen allerdings von 50 %, also nur die Hälfte wurde erkannt, bis maximal ebenfalls 92 %. Mit CI+HG in der Kombination konnte das Ergebnis im Mittel leicht gesteigert werden (Mittelwert:  $82,0 \pm 13,6$  %). Die Diskrimination begann bei 58 % und reichte bis wiederum 92 % (siehe Abbildung 6).

Insgesamt war deshalb die mittlere Trefferquote mit CI+HG am besten, gefolgt von CI (beste untere Erkennungsschwelle), und dann von HG allein. Die Akkorddiskrimination war mit CI und HG tendenziell besser als mit HG allein (t-Test für abhängige Stichproben,  $p = 0,08$ ), während sich für CI+HG und CI allein sowie für CI allein und HG allein keine statistisch signifikanten Unterschiede ergaben (t-Test für abhängige Stichproben,  $p = 0,47$  bzw.  $p = 0,73$ ).

Betrachtet man wiederum die Einzel-Hörererkennung der dargebotenen Akkorde, so erreichten zwei Probanden in allen drei Modalitäten das gleiche Ergebnis (ClbimoMUC1 jeweils 83 %, ClbimoMUC5 jeweils 75 %). Zwei Probanden erreichten bei CI+HG und CI allein bessere Ergebnisse als bei HG allein. Die Erkennung des korrekten Akkordes für ClbimoMUC9 lag bei CI+HG und bei CI allein bei 92 % und bei der Variante HG allein bei 83 %, bei ClbimoMUC10 wiederum lagen die Werte bei CI+HG bei 58 %, bei CI allein bei 67 % und bei HG allein bei 50 %. Zwei Probanden erreichten bei CI+HG und HG allein bessere Ergebnisse als bei CI allein. Bei ClbimoMUC7 lag die Erkennung bei CI+HG gemeinsam bei 92 %, bei CI allein bei 75 % und bei HG allein bei 83 %. Die dargebotenen Akkorde wurden von ClbimoMUC11 mit CI+HG sowie mit HG allein zu 92 % erkannt und mit CI allein zu 83 %.

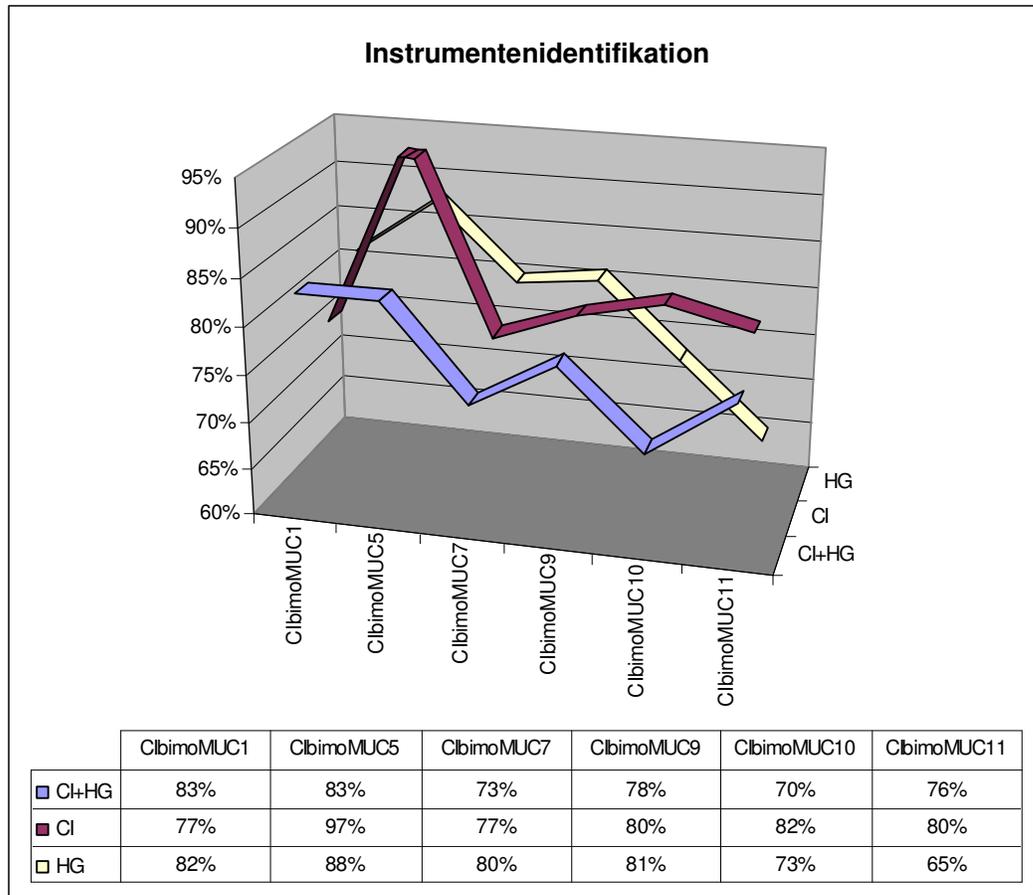
**Abbildung 6:** Akkorddiskrimination bei Nutzung nur des Cochlea Implantates (CI), nur des Hörgerätes (HG) und kombinierter Nutzung von Cochlea Implantat und Hörgerät (CI+HG).



### 3.2.5 Instrumentenidentifikation

Mit Hilfe von CI konnten 77 % bis 97 % der gehörten Instrumente richtig den tatsächlichen Instrumente zugeordnet werden (Mittelwert  $82,2 \pm 7,5$  %), mit dem HG allein waren es 65 % bis 88 % mit im Mittel  $78,2 \pm 8,0$  % richtigen Zuordnungen, mit CI+HG zusammen lagen die Werte bei 70% bis 83% und einem Mittelwert von  $77,2 \pm 5,3$  % richtigen Erkennungen (siehe Abbildung 7). Zusammengefasst war die Zuordnung für die Patienten mittels CI im Schnitt am besten, HG und CI+HG lagen durchschnittlich beide etwas schlechter, wobei bei HG die Schwankungsbreite, auch nach unten zu einer etwas schlechteren Zuordenbarkeit hin etwas größer ausfiel. Die Unterschiede waren allerdings nicht statistisch signifikant (t-Test für abhängige Stichproben, CI+HG versus CI:  $p = 0,15$ , CI+HG versus HG:  $p = 0,72$ , CI versus HG:  $p = 0,28$ ).

**Abbildung 7:** Instrumentenidentifikation bei Nutzung nur des Cochlea Implantates (CI), nur des Hörgerätes (HG) und kombinierter Nutzung von Cochlea Implantat und Hörgerät (CI+HG).

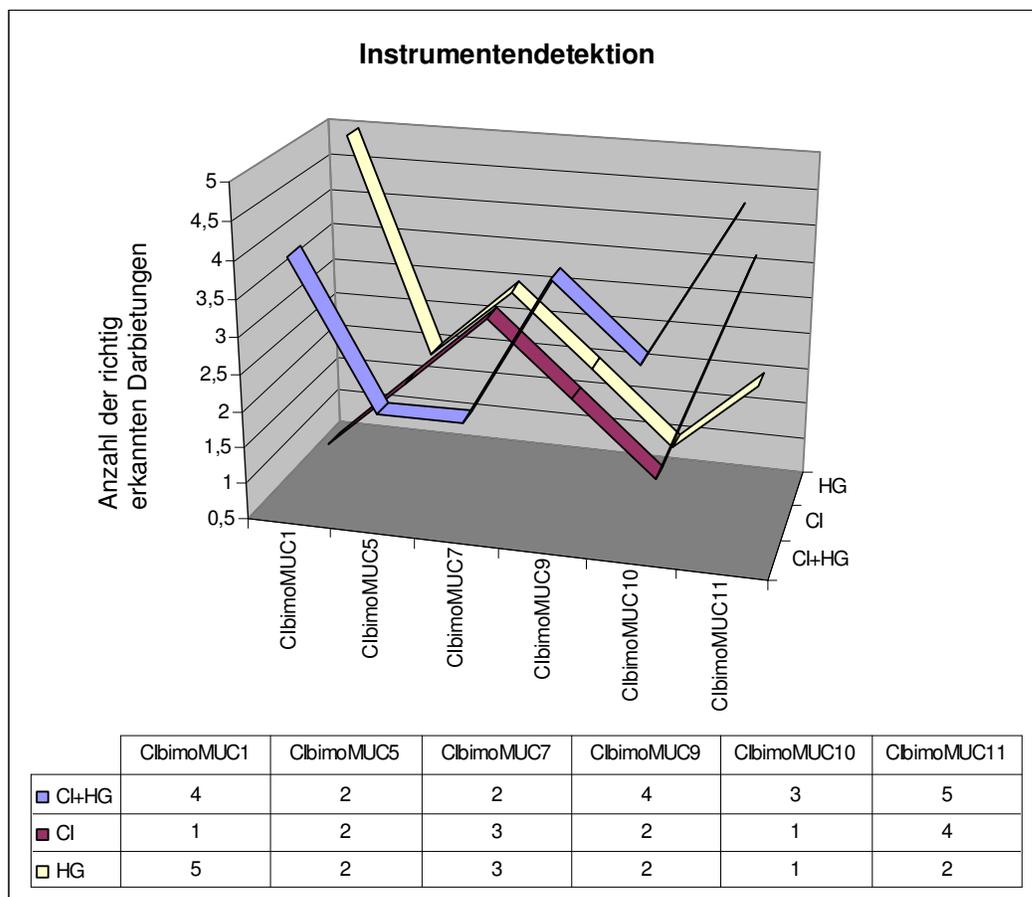


Die Identifikation der gehörten Instrumente in der Einzelbetrachtung für ClbimoMUC1 erreichte bei der Variante CI+HG 83 %, nur CI allein 77 % und im Fall nur HG allein 82 %. Beim Zuordnungstest für ClbimoMUC5 wurden mit CI+HG 83 % identifiziert, mit CI allein 97 % und mit HG allein 88 %, Patient ClbimoMUC7 lag bei CI+HG bei 73 %, bei CI allein bei 77 % und bei HG allein bei 80 %.

Die gehörten Instrumente stimmten für ClbimoMUC9 bei CI+HG zu 78 % überein, bei CI allein gab es eine 80 %-ige Übereinstimmung und bei HG allein waren es 81 % Übereinstimmung. Mit CI+HG wurden 70 % der gehörten Instrumente bei ClbimoMUC10 identifiziert, mit CI allein 82 % und mit HG allein 73 %, für ClbimoMUC11 stimmten bei CI+HG mit 76 % überein, bei CI allein zu 80 % und bei HG allein zu 65 %.

### 3.2.6 Instrumentendetektion

**Abbildung 8:** Instrumentendetektion bei Nutzung nur des Cochlea Implantates (CI), nur des Hörgerätes (HG) und kombinierter Nutzung von Cochlea Implantat und Hörgerät (CI+HG).



Beim Untertest Instrumentendetektion wurden mit dem CI allein in zwischen einer und vier Darbietungen die Instrumente erkannt, im Mittel in etwas mehr als zwei Darbietungen ( $2,17 \pm 1,17$ ). Mit dem HG allein schwankte die Erkennung zwischen einer und fünf Darbietungen (Mittelwert:  $2,50 \pm 1,38$ , Vergleich mit CI:  $p = 0,665$ ), mit CI+HG zusammen konnten zwischen zwei und fünf Darbietungen erkannt werden. Hier lag der Mittelwert bei  $3,33 \pm 1,21$  erkannten Darbietungen (siehe Abbildung 8), der Unterschied war weder zu HG allein ( $p = 0,294$ ) noch zu CI allein ( $p = 0,122$ ) statistisch signifikant nachweisbar.

Von der Instrumentendetektion im Einzelfall wurden nur bei einem Probanden in allen drei Modalitäten die gleiche Anzahl Darbietungen erkannt: CbimoMUC5 erkannte

jeweils zwei Darbietungen. Drei Probanden erkannten bei CI allein und HG allein die gleiche Anzahl: ClbimoMUC7 mit zwei Darbietungen bei CI+HG und jeweils drei mit CI allein und HG allein, ClbimoMUC9 mit vier Darbietungen bei CI+HG und jeweils zwei bei der Testung von CI allein und HG allein, ClbimoMUC10 mit drei Darbietungen bei CI+HG und jeweils nur einer Darbietung bei der Testung CI allein und HG allein. ClbimoMUC1 erkannte mit CI+HG vier Darbietungen, mit CI allein eine Darbietung und mit HG allein fünf Darbietungen. bei Für ClbimoMUC11 betrug die erkannten Darbietungen bei CI+HG fünf, mit CI allein vier und mit HG allein zwei.

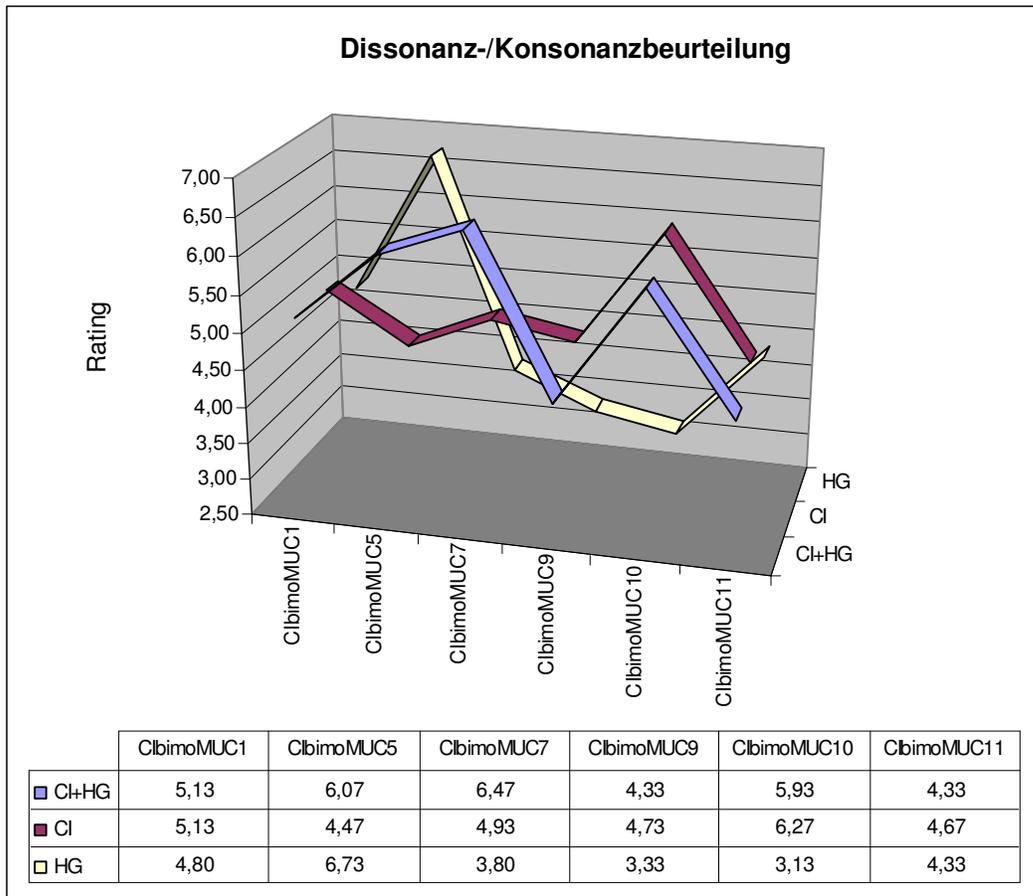
### **3.2.7 Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung**

Der Subtest Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung wird von 1 (Empfindung misstönend) bis 10 (Empfindung melodios) klassifiziert. Mit CI allein lag die Bandbreite der Werte auf einer Skala von 4,47 und 6,27, im Mittel bei  $5,03 \pm 0,65$ , d.h. die Empfindung war im Mittel ausgeglichen. Mit HG allein schwankten die Werte etwas stärker (3,13 bis 6,73), der Mittelwert lag hier bei  $4,36 \pm 1,32$  mit Schwerpunkt mehr im misstönenden Bereich. Mit CI+HG konnte die Konsonanzempfindung mit im Mittel bei  $5,38 \pm 0,92$  auf Werte zwischen 4,33 und 6,47 gesteigert werden (siehe Abbildung 9).

Die Abstufung für eine melodiosere Wahrnehmung war daher CI+HG, dann CI, gefolgt von HG allein. Die Unterschiede waren allerdings nicht statistisch signifikant waren (t-Test für abhängige Stichproben, CI+HG versus CI:  $p = 0,42$ , CI+HG versus HG:  $p = 0,14$ , CI versus HG:  $p = 0,39$ ).

Die Einzelperson ClbimoMUC1 wählte in der Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung bei allen drei Modalitäten das Mittelfeld mit 5, ClbimoMUC11 in allen drei Fällen Werte um 4. Für ClbimoMUC5 lag die Beurteilung mit CI+HG sowie mit HG allein um den Wert 6 und mit CI allein um den Wert 4. Für ClbimoMUC7 lag die Beurteilung der Dissonanz mit CI+HG um den Wert 6, mit CI allein um den Wert 5 und mit HG allein um den Wert 4. Die Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung bei ClbimoMUC9 erhielt für CI+HG die Ziffer 4, mit CI allein den Wert 5 und mit HG allein den Wert 3. Beim Probanden ClbimoMUC10 zeigte sich mit CI+HG und CI allein der Wert 6 und mit HG allein der Wert 3.

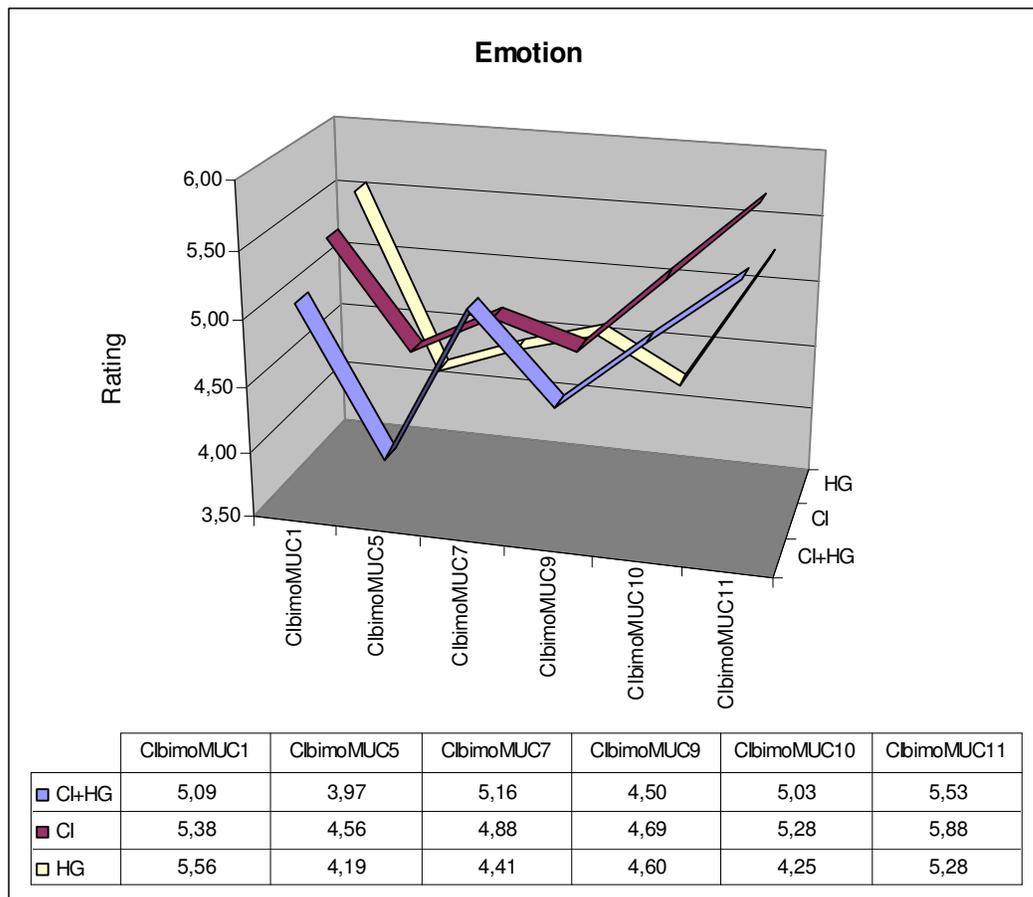
**Abbildung 9:** Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung bei Nutzung nur des Cochlea Implantates (CI), nur des Hörgerätes (HG) und kombinierter Nutzung von Cochlea Implantat und Hörgerät (CI+HG).



### 3.2.8 Emotion

Bei der Betrachtung des Subtests Emotionswahrnehmung bei einer Skalierung von 1-10 (1 = traurig und 10 = fröhlich) lag der Mittelwert für den Eindruck mit CI allein bei  $5,1 \pm 0,5$ , d.h. mittig, und schwankte relativ gleichmäßig von 4,6 bis 5,9. Mit HG allein lag die Bandbreite bei 4,2 bis 5,6, im Mittel bei  $4,7 \pm 0,6$ . Mit CI+HG lagen die Werte bei 4,0 bis etwa 5,5, im Mittel bei  $4,9 \pm 0,6$ . Während die Werte von CI+ HG sich weder von den Werten mit CI allein noch mit HG allein statistisch signifikant unterscheiden (t-Test für abhängige Stichproben,  $p = 0,10$  bzw.  $p = 0,47$ ), waren die Werte für CI tendenziell höher als für HG (t-Test für abhängige Stichproben,  $p = 0,07$ ).

**Abbildung 10:** Beurteilung der Emotionalität bei Nutzung nur des Cochlea Implantates (CI), nur des Hörgerätes (HG) und kombinierter Nutzung von Cochlea Implantat und Hörgerät (CI+HG). Die Beurteilung der Emotionalität war mit Cochlea Implantat allein tendenziell besser als mit Hörgerät allein.



Bei der Einzelbetrachtung der Patienten lag der emotionale Höreindruck für ClbimoMUC5 auf der Skala von 1-10 bei dem Wert 4 in allen drei Varianten. Die emotionale Wahrnehmung für ClbimoMUC7 und ClbimoMUC9 lag um den Wert 5 in allen drei Varianten. Die Emotionen, die ClbimoMUC10 mit CI+HG und CI allein wahrnahm, erreichten den Wert 5, mit HG allein den Wert 4. Bei ClbimoMUC11 lagen die Werte in allen drei Varianten etwas über dem Wert 5.

### **3.3 Auswertung MUMU-Fragebogen**

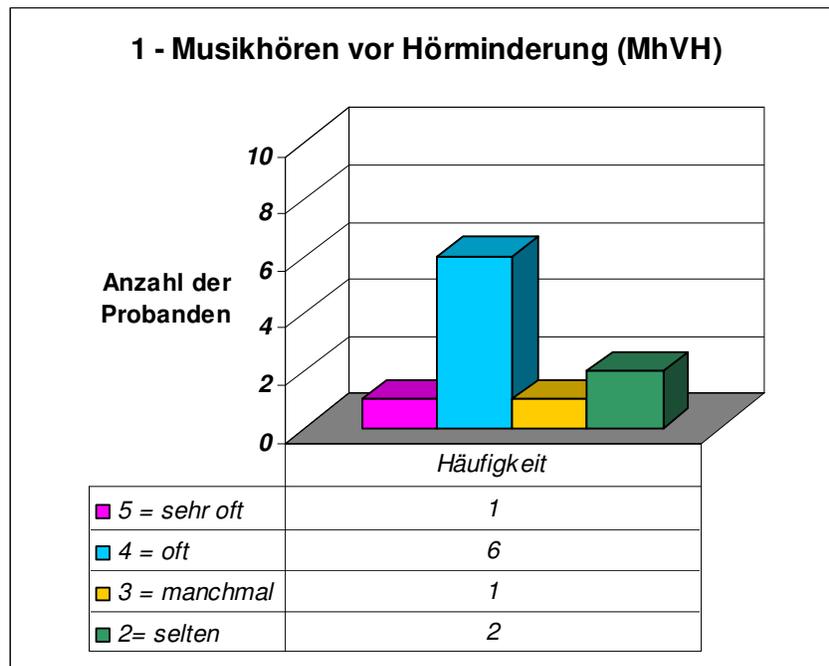
#### **3.3.1 Häufigkeit und Dauer des Musikhörens vor und nach Cochlea Implantat**

Erfragt wurden in den ersten beiden Fragen „Wie häufig haben Sie Musik gehört oder hören Sie Musik?“ (Frage 1) und „Wenn Sie Musik hören oder gehört haben, kreuzen Sie bitte an, wie lange Sie jeweils zugehört haben.“ die Häufigkeit und Dauer des Musikhörens jeweils vor der Hörminderung und nach der Implantation des CI.

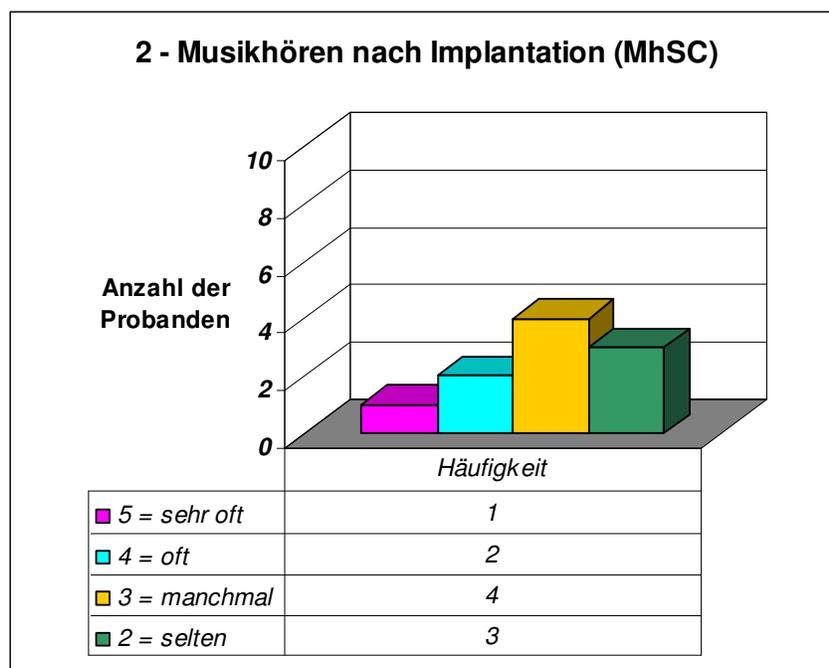
Vor Eintritt der Hörminderung gaben 70 % der Patienten an, oft oder sehr oft Musik gehört zu haben. Nach der Implantation gab die überwiegende Anzahl der Patienten (70 %) an, manchmal oder selten Musik zu hören. Die Häufigkeitsverteilung war vor der Hörminderung und nach der Cochlea Implantation nicht statistisch signifikant unterschiedlich (Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,26$ , siehe Abbildung 11 und Abbildung 12).

Die Musikhördauer gaben vor der Hörminderung 40 % der Befragten mit mehr als einer Stunde an (ein Proband ohne Angabe). Nach der Implantation hörten 60 % der Patienten eine Stunde und mehr Musik. Auch hier war die Häufigkeitsverteilung vor der Hörminderung und nach der Cochlea Implantation nicht statistisch signifikant unterschiedlich (Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,89$ , siehe Abbildung 13 und Abbildung 14).

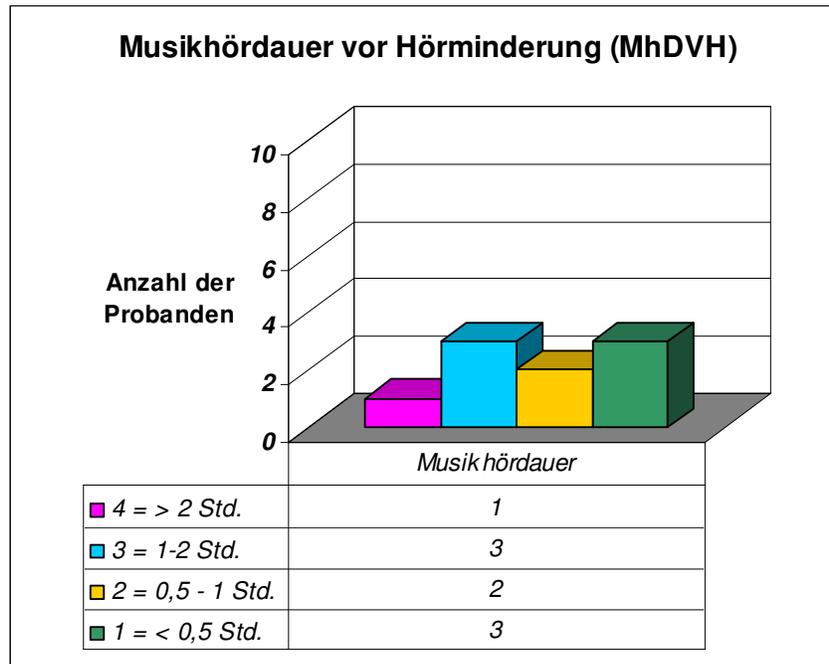
**Abbildung 11:** Angaben zur Frage 1 (Häufigkeit des Musikhörens) vor Hörminderung (Variable MhVH)



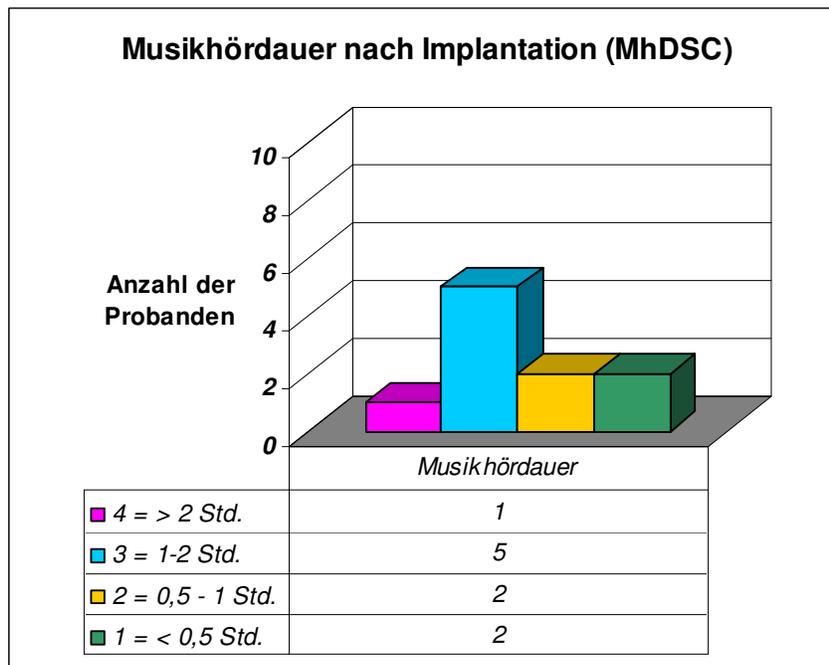
**Abbildung 12:** Angaben zur Frage 1 (Häufigkeit des Musikhörens) nach Implantation des Cochlea Implantates (Variable MhSC)



**Abbildung 13:** Angaben zur Frage 2 (Durchschnittliche Dauer des Musikhörens) vor Hörminderung (Variable MhDVH)



**Abbildung 14:** Angaben zur Frage 2 (Durchschnittliche Dauer des Musikhörens) nach Implantation des Cochlea Implantates (Variable MhDSC)



### 3.3.2 Qualität des Musikhörens und Art der Einspeisung

Die Qualität des Musikhörens wurde in Frage 3 „Wie klingt Musik im Allgemeinen mit dem Cochlea Implantat?“ erfragt. 50 % der Patienten empfanden den Klang als „überwiegend natürlich“ und 80 % als „überwiegend angenehm“. Die Empfindung bezogen auf die Hörgeräteversorgung ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Die Einspeisung der Musik erfolgte bei 70 % der Patienten nicht in den Sprachprozessor. Nur drei Patienten gaben an, die Musik in den Sprachprozessor einzuspeisen. Diese Patienten waren mit den Hörgeräten Siemens Prisma, Phonak Perseo 311 dAZ Forte bzw. Phonak novo forte versorgt. Zwei dieser Patienten beurteilten die Qualität sowohl als „überwiegend natürlich“ als auch als „überwiegend angenehm“, ein Patient verneinte beide Qualitätsurteile.

**Tabelle 5:** Angaben zu Frage 3 (Qualität des Musikhörens) bezogen auf die von den Probanden verwendeten Hörgeräte

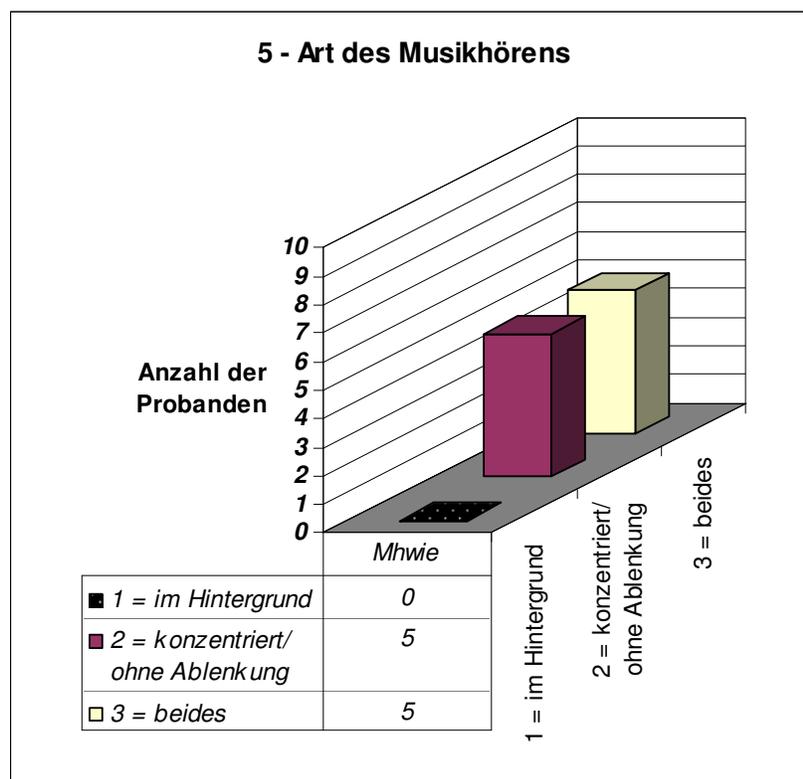
<i><b>ID</b></i>	<i><b>Hörgerät</b></i>	<i><b>Antwort auf Frage 3 (Qualität des Musikhörens)</b></i>	
		<b>Überwiegend natürlich</b>	<b>Überwiegend angenehm</b>
CI bimoMUC1	MIC Bravo B2	Ja	Ja
CI bimoMUC2	Siemens S3	Nein	Ja
CI bimoMUC3	Siemens Prisma	Ja	Ja
CI bimoMUC4	Widex	Keine Angabe	Ja
CI bimoMUC5	Siemens Phoenix 313	Nein	Nein
CI bimoMUC6	Oticon Sumo XP	Keine Angabe	Ja
CI bimoMUC7	Phonak Perseo 311 dAZ Forte	Nein	Nein
CI bimoMUC9	Siemens Prisma	Ja	Ja
CI bimoMUC10	Phonak novo forte	Ja	Ja
CI bimoMUC11	Oticon Adapto Compact P	Ja	Ja

### 3.3.3 Art und Gründe des Musikhörens

Die Art des Musikhörens wurde in Frage 5 erhoben: „Wie hören Sie Musik?“ mit den Antwortmöglichkeiten „im Hintergrund“, „konzentriert/ohne Ablenkung“ und „beides“. 50 % der Patienten hörten sowohl im Hintergrund als auch konzentriert Musik, die anderen 50 % nur konzentriert/ohne Ablenkung (siehe Abbildung 15).

Die Gründe für das Musikhören wurden in Frage 6 („Warum hören Sie Musik?“) erhoben, die Möglichkeit von Mehrfachnennungen war explizit angegeben. Häufige Gründe waren „um mich zu erfreuen“ (100 %), „als Entspannung“ (80 %), „um zu tanzen“ und „zur emotionalen Befriedigung“ (jeweils 30 %) sowie „um meine eigene Stimmung zu beeinflussen“ (20 %) (siehe Tabelle 6).

**Abbildung 15:** Angaben zur Frage 5 (Art des Musikhörens) nach Implantation des Cochlea Implantates (Variable Mhwie)



**Tabelle 6:** Angaben zu Frage 6 (Gründe des Musikhörens)

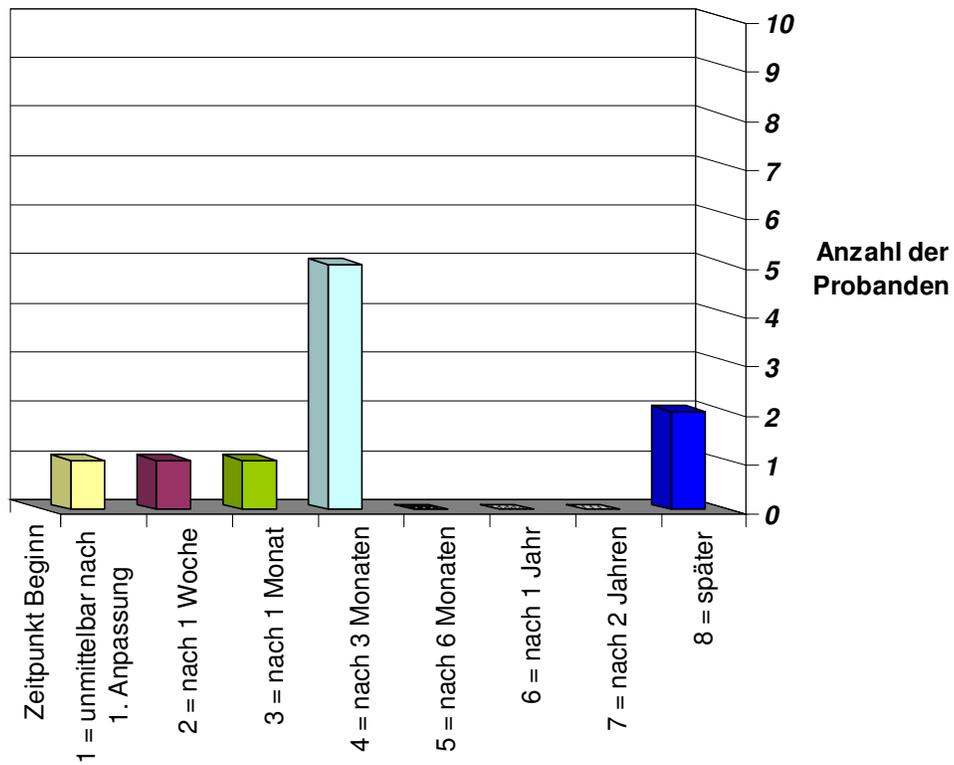
<b>Antwort</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>
Um mich zu erfreuen	10	100
Um mich wach zu halten	0	0
Als Entspannung	8	80
Um meine Stimmung zu beeinflussen	2	20
Um zu tanzen	3	30
Zur emotionalen Befriedigung	3	30
Aus beruflichen Gründen	0	0

### **3.3.4 Zeitpunkt des Musikhörens**

In Frage 7 wurde nach dem Beginn des Musikhörens nach Implantation gefragt („Wenn Sie mit CI Musik hören, wann haben Sie nach der Implantation angefangen, regelmäßig Musik zu hören?“). Die meisten Patienten begannen nach der CI Implantation innerhalb eines Zeitraumes von ca. 3 Monaten wieder, regelmäßig Musik zu hören.

**Abbildung 16:** Angaben zur Frage 7 (Beginn des Musikhörens) nach Implantation des Cochlea Implantates (CI)

### 7 - Zeitpunkt regelmässigen Musikhörens nach CI-Implantation

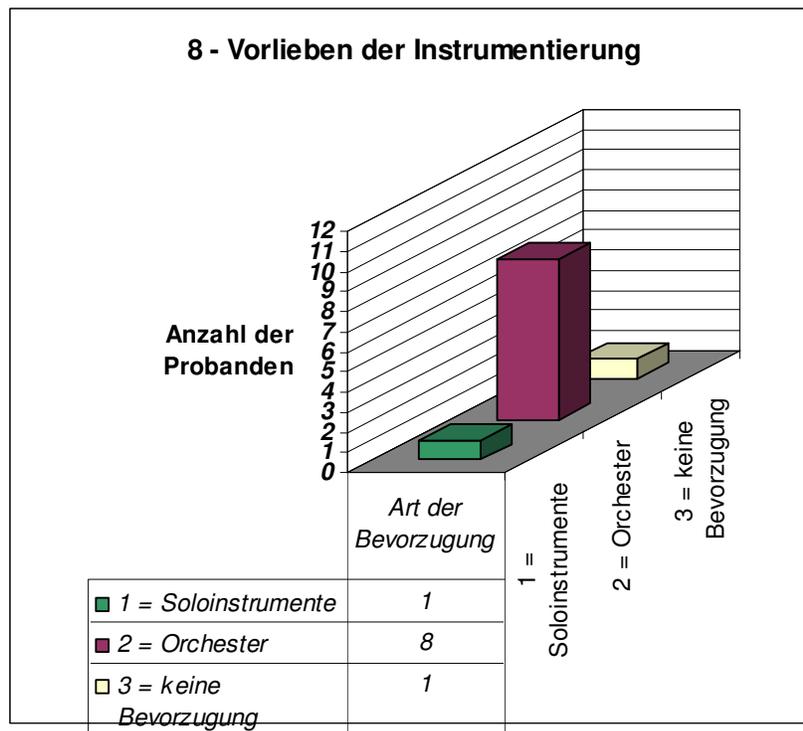


	Zeitpunkt Beginn
1 = unmittelbar nach 1. Anpassung	1
2 = nach 1 Woche	1
3 = nach 1 Monat	1
4 = nach 3 Monaten	5
5 = nach 6 Monaten	0
6 = nach 1 Jahr	0
7 = nach 2 Jahren	0
8 = später	2

### 3.3.5 Vorlieben der Instrumentierung

In Frage 8 („Hören Sie bevorzugt Soloinstrumente oder Orchester/Gruppen?“) wurde generell die Vorliebe zur Instrumentierung erhoben. 80 % der Patienten bevorzugten das Hören von Orchester oder Gruppen im Vergleich zu Soloinstrumenten.

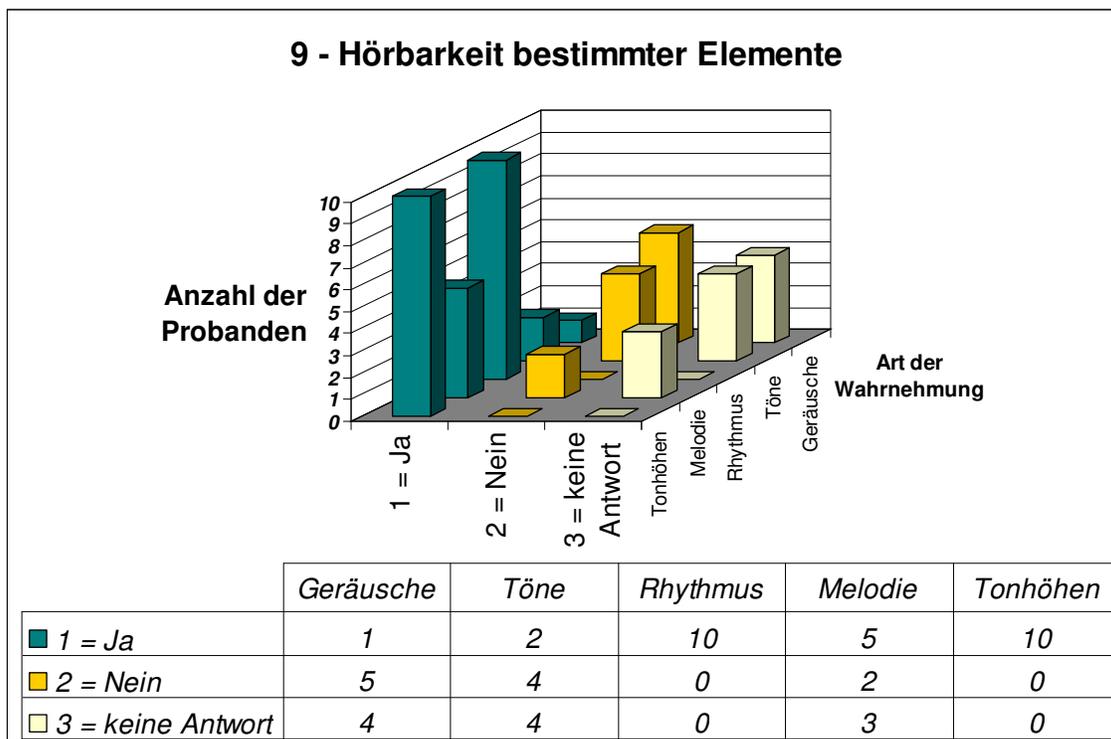
**Abbildung 17:** Angaben zur Frage 8 (Vorlieben der Instrumentierung)



### 3.3.6 Hörbarkeit von Musikelementen

Des Weiteren wurde in Frage 9 nach den Elementen der Musik gefragt, die unterschieden werden können („Wenn Sie Musik hören, welche Elemente der Musik können Sie hören?“). Nur 10 % nahmen dabei ausschließlich unangenehme Geräusche wahr. 20 % der Patienten nahmen angenehme Töne, aber keine Melodie wahr. Den Rhythmus zu erkennen, gaben 100 % der Patienten an, die Melodie nur 50 %. Alle Patienten gaben an, hohe und tiefe Töne unterscheiden zu können.

**Abbildung 18:** Angaben zur Frage 9 (Hörbarkeit von Musikelementen)



### 3.3.7 Instrumentenerkennung

In Frage 10 wurde die Instrumentenerkennung mit der Formulierung „Welche Instrumente können Sie gut erkennen?“ erfragt. Die Instrumente, welche die Patienten zu erkennen angaben, waren das Klavier (70 %), die Pauke (60 %), die Violine (40 %), die Querflöte und das Xylophon (je 30 %). Erkennungsschwierigkeiten wurden bei der Viola, der Piccolo, der Tuba, dem Horn, der Oboe, dem Cello, der Trompete, der Posaune, dem Kontrabass und dem Fagott berichtet (siehe Tabelle 7).

**Tabelle 7:** Angaben zu Frage 10 (Erkennen von Instrumenten).

<i>Instrument</i>	<i>Ja</i>	<i>Nein</i>	<i>Keine Angabe</i>
	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anteil (%)</b>
Violine	40	10	50
Viola	0	10	90
Querflöte	30	10	60
Piccolo	0	10	90
Trompete	0	10	90
Tuba	10	10	80
Pauke	60	10	30
Klavier	70	10	20
Horn	10	10	80
Oboe	0	10	90
Cello	0	10	90
Xylophon	30	10	60
Posaune	10	10	80
Kontrabass	10	10	80
Fagott	10	10	80

### 3.3.8 Instrumentengenuss

Die folgende Frage 11 führte die gleichen Instrumente auf und erfragte den Instrumentengenuss („Welche Instrumente hören Sie gerne?“). Die meisten Patienten (70 %) hörten das Klavier gern, jeweils 30 % das Xylophon und die Trompete sowie jeweils 20 % die Pauke, das Cello und das Fagott sowie die Querflöte (siehe Tabelle 8).

**Tabelle 8:** Angaben zu Frage 11 (Genuss von Instrumenten).

<i><b>Instrument</b></i>	<i><b>Ja</b></i>	<i><b>Nein</b></i>	<i><b>Keine Angabe</b></i>
	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anteil (%)</b>
Violine	10	10	80
Viola	0	10	90
Querflöte	20	0	80
Piccolo	0	10	90
Trompete	30	10	60
Tuba	10	10	80
Pauke	20	10	70
Klavier	70	10	20
Horn	0	10	90
Oboe	10	10	80
Cello	20	10	70
Xylophon	30	10	60
Posaune	10	10	80
Kontrabass	0	10	90
Fagott	20	10	70

### 3.3.9 Ort des Musikhörens

In Frage 12 wurde der Ort des Musikhörens erfragt („Wo haben Sie Musik gehört oder hören Sie Musik?), und zwar im Vergleich zwischen der Zeit vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation des CI. Das Musikhören vor Eintritt der Hörminderung fand überwiegend im Radio zuhause oder als Hören von Schallplatte, CD oder MC statt (jeweils 90 %). Häufige Angaben waren auch Hören im Fernseher oder im Konzert (jeweils 50 %) sowie im Radio im Auto oder in der Kirche (jeweils 40 %). Keiner der Patienten gab an, Musik in der Oper gehört zu haben, nur 2 Patienten (20%) gaben Hausmusik an.

Nach der Implantation hörten 80 % der Patienten Schallplatten, CD oder MC und jeweils 50 % im Radio zu Hause oder im Fernseher. Kirchenmusik gaben weiterhin 40 % an, Musikhören im Radio im Auto oder im Konzert wurden nach der Implantation nur noch von 30 % der Patienten angegeben. Nach der Implantation gab ein Patient an, Musik in der Oper zu hören (10%). Keiner der Patienten gab Hausmusik an, d.h. beide Patienten, die vor der Implantation Hausmusik angaben, hatten diese aufgegeben (siehe Tabelle 9). Die Häufigkeitsverteilung der Angaben vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation war nicht statistisch signifikant unterschiedlich, für das Radiohören zu Hause ergab sich ein knapp nicht statistisch signifikantes Ergebnis (Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,051$ ).

**Tabelle 9:** Angaben zu Frage 12 (Ort des Musikhörens) vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation des Cochlea Implantates. Die Häufigkeitsverteilungen waren nicht statistisch signifikant unterschiedlich (Chi-Quadrat-Test, jeweils  $p > 0,05$ ).

<b>Ort</b>	<b>Vor der Hörminderung</b>		<b>Nach der Implantation</b>	
	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>
Im Radio zu Hause	9	90	5	50
Im Radio im Auto	4	40	3	30
Fernseher	5	50	5	50
Schallplatte / CD / MC	9	90	8	80
Im Konzert	5	50	3	30
In der Kirche	4	40	4	40
In der Oper	0	0	1	10
Hausmusik	2	20	0	0

### 3.3.10 Musikrichtungen

Auch die gehörten Musikrichtungen wurden in Frage 13 („Welche Musikrichtungen hören Sie / haben Sie gehört?“) im Vergleich zwischen der Zeit vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation des CI erfragt. Vor Eintritt der Hörminderung gaben jeweils 60 % der Patienten an, klassische Musik und Rock/Popmusik gehört zu haben, jeweils 50 % hörten Volksmusik, Schlager und Jazz/Blues.

Nach der Implantation hörten wiederum 60 % klassische Musik sowie Rock/Pop. 40 % hörten geistliche Musik und Volksmusik; 30 % Schlager und Jazz und je 20 % Oper und Techno. Die Angaben zu Schlager und Jazz/Blues waren zurückgegangen (siehe Tabelle 10). Die Häufigkeitsverteilung der Angaben vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation war für die einzelnen Stilrichtungen nicht statistisch signifikant unterschiedlich (Chi-Quadrat-Test, jeweils  $p > 0,05$ ).

**Tabelle 10:** Angaben zu Frage 13 (gehörte Musikrichtungen) vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation des Cochlea Implantates. Die Häufigkeitsverteilungen waren nicht statistisch signifikant unterschiedlich (Chi-Quadrat-Test, jeweils  $p > 0,05$ ).

<i><b>Musikrichtung</b></i>	<i><b>Vor der Hörminderung</b></i>		<i><b>Nach der Implantation</b></i>	
	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>
Klassische Musik	6	60	6	60
Geistliche Musik	4	40	4	40
Volksmusik	5	50	4	40
Schlager	5	50	3	30
Oper/Operette	1	10	2	20
Pop/Rock	6	60	6	60
Jazz/Blues	5	50	3	30
Techno	1	10	2	20

### 3.3.11 Hörgenuss

In Frage 14 sollten die Probanden den aktuellen Hörgenuss für die einzelnen Musikrichtungen angeben („Wie hoch würden Sie den aktuellen Genuss beim Anhören verschiedener Musik einschätzen?“). Die Einschätzung des Hörgenusses war über die Musikrichtungen im Wesentlichen ausgeglichen (siehe Tabelle 11). Über alle Musikrichtungen gemittelt wurde 8 bzw. 10 Mal kein bzw. ein geringer Genuss angegeben, 26 Mal ein mittlerer Genuss und 11 bzw. 10-mal ein großer bzw. sehr großer Genuss. 15 Mal lag keine Angabe vor. Von den gültigen Angaben entfielen somit 28 % auf kein bzw. geringer Genuss, 40 % auf mittlere Genuss und 32 % auf großer bzw. sehr großer Genuss.

**Tabelle 11:** Angaben zu Frage 14 (aktueller Genuss beim Anhören der verschiedenen Musikrichtungen) in Prozent.

<b>Musikrichtung</b>	<b>Keine Angabe</b>	<b>Kein</b>	<b>Gering</b>	<b>Mittel</b>	<b>Groß</b>	<b>Sehr groß</b>
Klassische Musik	0	10	20	40	10	20
Geistliche Musik	10	10	10	40	10	20
Volksmusik	20	20	10	30	10	10
Schlager	20	10	10	30	20	10
Oper/Operette	30	10	20	20	10	10
Pop/Rock	20	0	0	50	20	10
Jazz/Blues	20	10	0	30	30	10
Techno	30	10	30	20	0	10

### 3.3.12 Instrument spielen

Auf die Frage 15 („Spielen Sie ein Instrument oder haben Sie ein Instrument gespielt?“), sollten die Patienten eine Häufigkeitsangabe für die Kindheit, die Zeit vor der Hörminderung und aktuell, also seit der Implantation eines CI geben. In der Kindheit spielten 40 % der Patienten kein Instrument, 50 % taten es manchmal oder oft. 10 % der Patienten machten dazu keine Angaben.

Vor der Hörminderung spielten 60 % der Patienten kein Instrument und 40 % spielten selten bis oft. Seit der Implantation spielen 80 % nie ein Instrument und 20 % selten. Seit der Implantation hatten damit 2 Patienten ihr Instrument aufgegeben, 2 Patienten spielten seltener (siehe Abbildung 19).

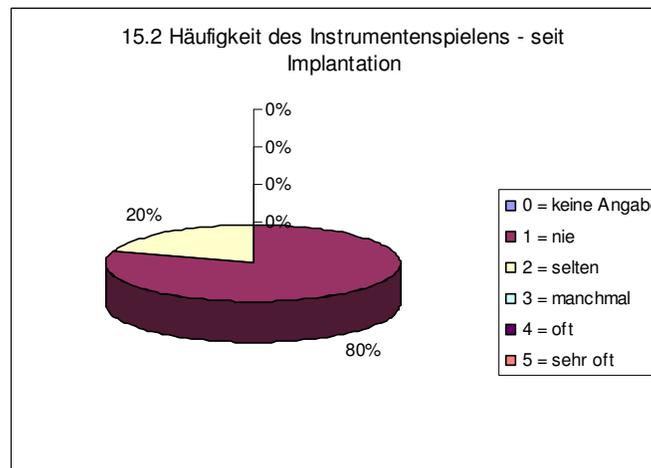
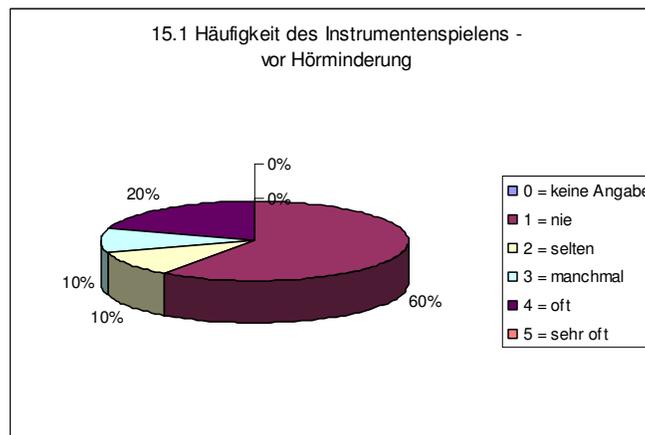
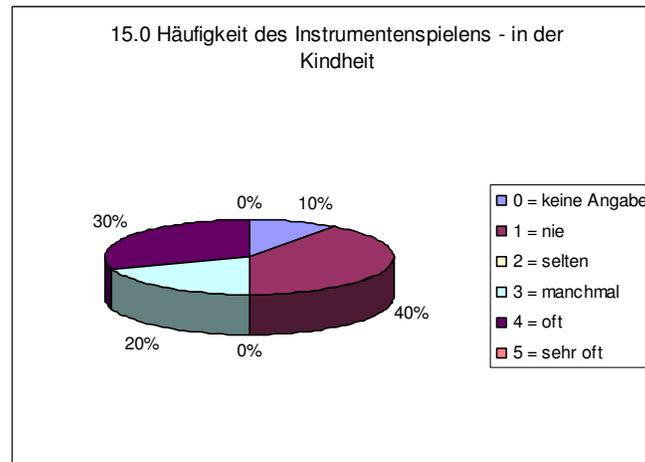
Die Häufigkeitsverteilungen waren weder in der Kindheit und vor der Hörminderung (Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,60$ ) noch vor der Hörminderung und nach Implantation (Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,31$ ) statistisch signifikant unterschiedlich.

In Frage 16 wurde erfragt, welches Instrument gespielt wurde („Welche Instrumente haben Sie gespielt oder spielen Sie jetzt?“), und zwar in der Kindheit, vor der Hörminderung und nach der Implantation. Die Angaben sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

**Tabelle 12:** Angaben zu Frage 16 (gespieltes Instrument) in der Kindheit, vor der Hörminderung und nach der Implantation. Nicht angegeben wurden die zusätzlich angebotenen Instrumente Querflöte, Trompete, Klarinette, Akkordeon, Geige, Schlagzeug.

<i>Instrument</i>	<i>In der Kindheit</i>		<i>Vor der Hörminderung</i>		<i>Nach der Implantation</i>	
	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>
Blockflöte	3	30	2	20	0	0
Klavier	2	20	0	0	0	0
Keyboard	1	10	0	0	0	0
Gitarre	1	10	1	10	1	10
Geige	0	0	0	0	0	0
Anderes Saiteninstrument	1	10	0	0	0	0
Sonstige	0	0	0	0	1	10

**Abbildung 19:** Angaben zur Frage 15 (Spielen eines Instrumentes) in der Kindheit (15.0), vor der Hörminderung (15.1) und nach der Implantation eines Cochlea Implantates (15.2).



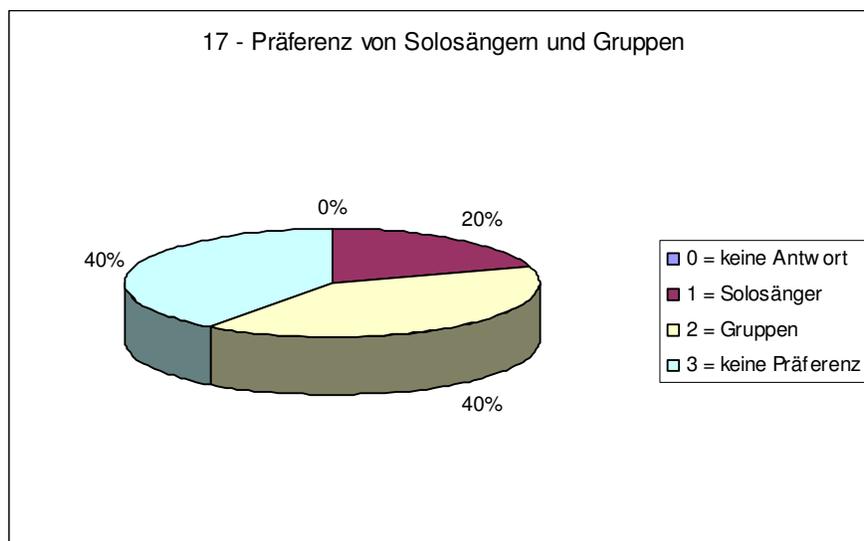
### 3.3.13 Gesang

Die Fragen 17 bis 21 beschäftigen sich mit dem Hören von Gesang und dem eigenen Singen.

Zunächst wurde das Hören von Gesang erfragt. In Frage 17 wurde die Präferenz von Solosängern oder Gruppen erhoben („Bevorzugen Sie Solosänger oder Gruppen?“). 40 % der Patienten gaben keine Präferenz an, ebenfalls 40 % bevorzugten Gruppen und 20 % Solosänger (siehe Abbildung 20).

Auf die Frage 18 „Können Sie zwischen weiblichen und männlichen Stimmen unterscheiden?“ antworteten 9 Patienten (90 %) mit ja, nur ein Patient (10 %) machte keine Angaben.

**Abbildung 20:** Angaben zur Frage 17 (Präferenz bei Gesang).

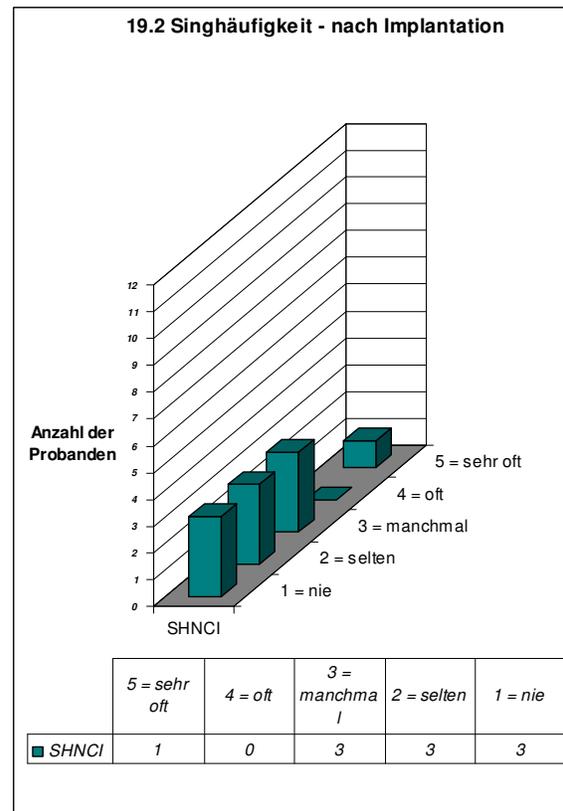
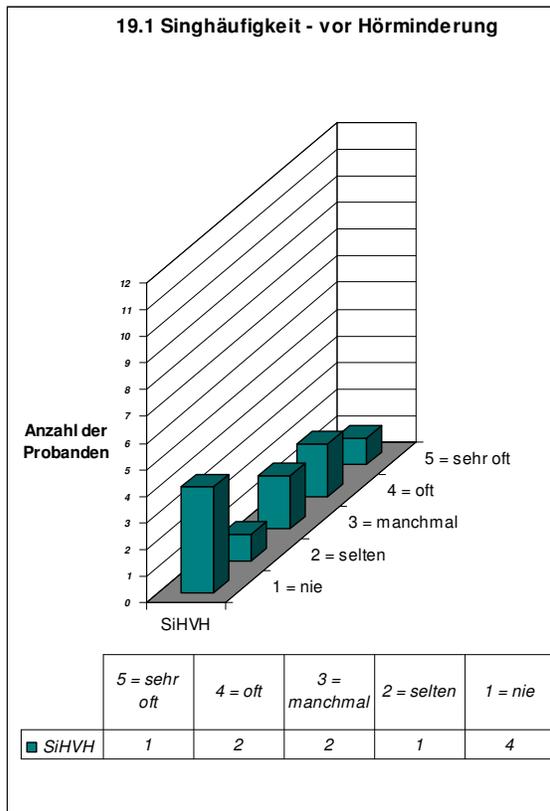


Bei der Frage, ob die Einzelnen vor der Hörminderung selbst gesungen haben, antworteten 60 %, selten bis sehr oft gesungen zu haben; nur 40 % gaben an, dies nie getan zu haben.

Im Gegensatz zum Musizieren auf Instrumenten waren die Angaben zum eigenen Singen nach der Implantation weniger stark zurückgegangen (siehe Abbildung 21). Zwei Patienten, die vor der Hörminderung „oft“ oder „sehr oft“ gesungen hatten, gaben nach Implantation an, „selten“ zu singen.

Die Häufigkeitsverteilung der Angaben vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation war nicht statistisch signifikant unterschiedlich (Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,50$ ).

**Abbildung 21:** Angaben zur Frage 19 (Eigenes Singen) vor der Hörminderung (19.1) und nach der Implantation eines Cochlea Implantates (19.2) (Variablen SiHVH und SHNCI).



In Frage 20 wurde erfragt, wo bzw. in welchen Gruppen die Patienten vor der Hörminderung und nach der Implantation sangen („Wenn Sie gesungen haben/singen, kreuzen Sie bitte an, wo Sie singen oder gesungen haben.“).

In dieser Frage zeigte sich, dass trotz der fast gleich bleibenden Angaben zur Häufigkeit die Anlässe bzw. Orte des Singens sich nach der Implantation geändert hatten. Beide Patienten, die vor der Hörminderung in einem Chor bzw. einer anderen Gruppe sangen, hatten dies nach der Implantation aufgegeben. Von den 3 Patienten, die angaben, in der Kirche zu singen, hatte ebenfalls ein Patient dies aufgegeben.

Häufiger waren dagegen Angaben zum Singen allein, entweder zu Hause oder im Auto (siehe Tabelle 13). Die Häufigkeitsverteilung der Angaben vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation war nicht statistisch signifikant unterschiedlich, allerdings wurde für das Singen im Auto die statistische Signifikanz nur knapp verfehlt (Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,06$ ).

**Tabelle 13:** Angaben zu Frage 20 (Ort des Singens) vor der Hörminderung und nach der Implantation.

<b>Singort</b>	<b>Vor der Hörminderung</b>		<b>Nach der Implantation</b>	
	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>
Chor	1	10	0	0
Andere Gruppe	1	10	0	0
Zu Hause für sich	5	50	7	70
Im Freundeskreis	2	20	2	20
Im Auto	0	0	3	30
In der Kirche	3	30	2	20
Beim Wandern	0	0	0	0

Bei der gesungenen Musikrichtung ergaben sich vor der Hörminderung und nach der Implantation wenig Änderungen (Frage 21: „Wenn Sie gesungen haben/singen, kreuzen Sie bitte an, was Sie singen oder gesungen haben.“). Die Angaben sind in

Tabelle 14 zusammengefasst.

**Tabelle 14:** Angaben zu Frage 21 (Gesungene Musikrichtung) vor der Hörminderung und nach der Implantation.

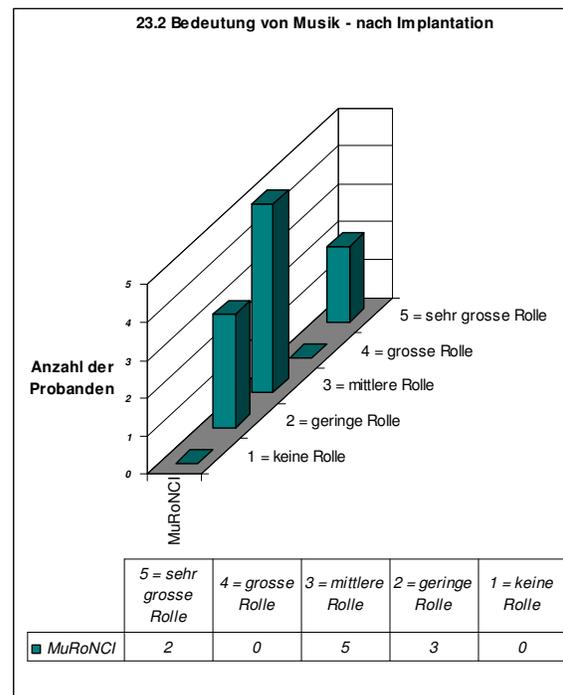
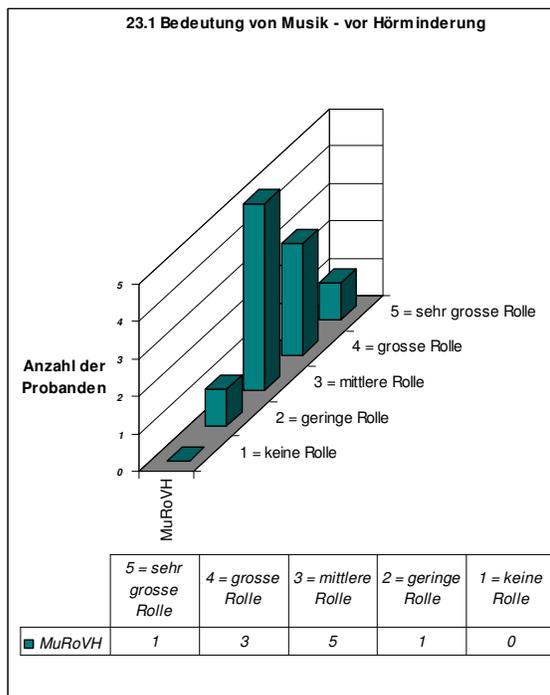
<b>Musikrichtung</b>	<b>Vor der Hörminderung</b>		<b>Nach der Implantation</b>	
	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (%)</b>
Volkslieder	4	40	3	30
Klassische Lieder	1	10	1	10
Weihnachtslieder	2	20	3	30
Kinderlieder	2	20	2	20
Kirchenmusik	3	30	3	30
Oper/Operette	0	0	0	0
Jazz/Blues	0	0	0	0
Schlager	2	20	1	10
Pop/Rock	2	20	3	30

### 3.3.14 Musikunterricht, Rolle der Musik

Frage 22 beschäftigte sich mit privatem Musikunterricht („Haben Sie außerhalb der Schule Musikunterricht (Instrument oder Gesang) erhalten?“). Auf diese Frage antworteten 40 % der Patienten mit ja, 60 % mit nein. Bei allen 4 Patienten mit außerschulischer Musikerziehung dauerte dieser Unterricht weniger als drei Jahre.

In Frage 23 wurde nach der Bedeutung der Musik gefragt („Was für eine Rolle spielt / spielte die Musik für Sie?“), und zwar für die Zeitpunkte vor der Hörminderung und nach der Implantation. Vor der Hörminderung spielte die Musik für 40 % der Patienten eine große bis sehr große Rolle, für 60 % der Patienten jedoch nur eine geringe bis mittlere Rolle. Seit der CI spielt die Musik für 80 % der Patienten nur noch eine geringe bis mittlere Rolle und für 20 % eine sehr große Rolle. Die Häufigkeitsverteilung der Angaben vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation war nicht statistisch signifikant unterschiedlich (Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,23$ ).

**Abbildung 22:** Angaben zur Frage 23 (Bedeutung der Musik) vor der Hörminderung (23.1) und nach der Implantation eines Cochlea Implantates (23.2) (Variablen MuRoVH und MuRoNCI). Die Häufigkeitsverteilung war nicht statistisch signifikant unterschiedlich (Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,23$ ).



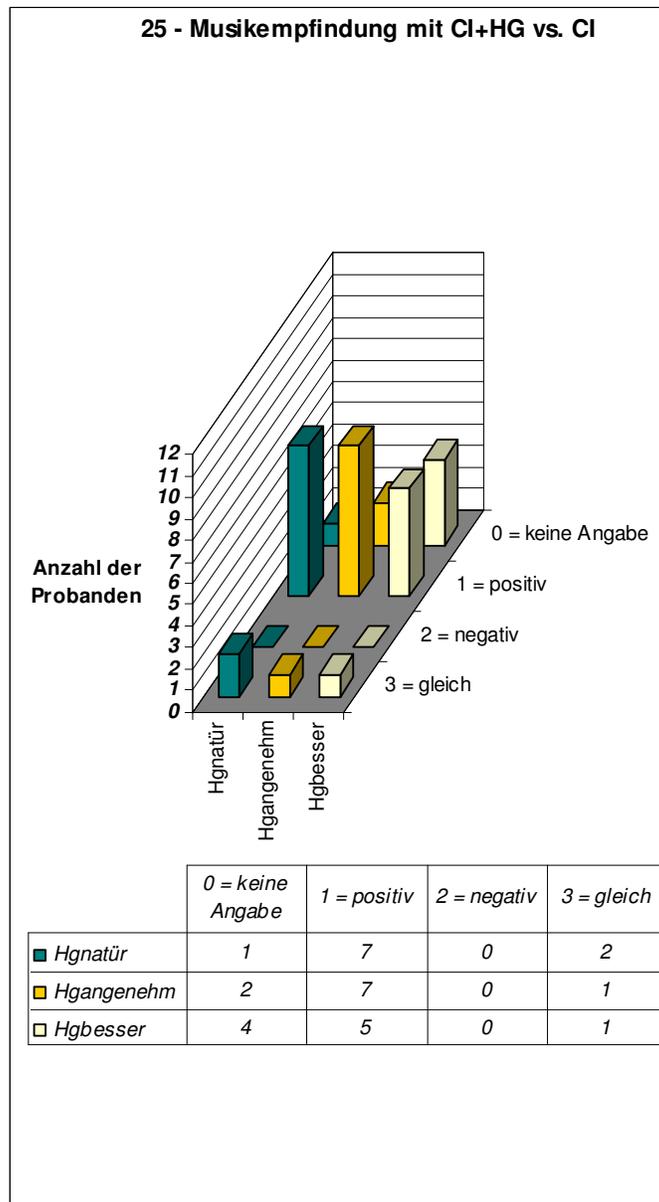
### **3.3.15 Hörgerät, Telefon (24, 25 und 31)**

Von den befragten Patienten gaben 7 Patienten an, das Hörgerät auf dem gegenseitigen Ohr wie das CI, drei Patienten machten keine Angabe.

Frage 25 beschäftigte sich mit dem Höreindruck bei gleichzeitigem Hören mit Hörgerät („Falls Sie ein Hörgerät zusätzlich tragen, wie hört sich Musik mit Implantat + Hörgerät im Vergleich zum Cochlea Implantat allein an?“). Jeweils 70 % der Patienten empfanden Musik mit zusätzlichem Hörgerät als natürlicher und angenehmer, 50 % auch allgemein als besser. Keiner der 10 Patienten gab an, dass sich Musik mit zusätzlichem Hörgerät unnatürlicher, unangenehmer oder schlechter anhöre (siehe Abbildung 23).

Die Abschlussfrage hatte das Telefonieren zum Inhalt (Frage 31: „Können Sie mit dem CI telefonieren?“). Diese Frage wurde von 70 % der Patienten bejaht, von 30 % verneint.

**Abbildung 23:** Angaben zur Frage 25 (Qualität der Musik mit zusätzlichem Hörgerät gegenüber Cochlea Implantat allein) Abkürzungen: Hgnatür=natürlicher, Hgangenehm= angenehmer, Hgbesser=besser.



## 4 Diskussion

CI übernehmen als elektronische Hörprothesen die Funktion der Sinneszellen im Innenohr, indem der intakte Hörnerv durch elektrische Impulse über ein im Innenohr platziertes Elektrodenarray direkt stimuliert wird. Viele postlingual ertaubte CI-Träger erlangen damit ein Sprachverständnis auf hohem Niveau und beherrschen auch komplizierte Umgebungssituationen. Daraus resultiert ein zunehmendes Interesse an nichtsprachlichen Hörsituationen wie dem Musikhören. Ziel dieser Arbeit war es, die Faktoren zu verstehen, welche die Musikwahrnehmung bei CI-Trägern beeinflussen und die Wahrnehmung mit CI allein, mit Hörgerät allein und mit CI+HG zu vergleichen.

Dazu wurden 10 postlingual ertaubte CI-Träger eingeschlossen. Bei allen 10 Probanden lag der Hörverlust im Tonaudiogramm im mittelschweren bis hochgradigen Bereich. Der Fragebogen zur subjektiven Perzeption und den Musikhörgewohnheiten konnte für alle 10 eingeschlossenen Patienten ausgewertet werden, die Messung der Musikperzeption für 6 der 10 Patienten.

### 4.1 *Messung der Musikperzeption*

#### 4.1.1 Zusammenfassung der eigenen Ergebnisse

Der Musikhörtest konnte bei 6 Patienten ausgewertet werden. Die Rhythmusdiskrimination gelang zwischen 60 % bis 100 %. Die höchste Erkennungsrate ergab sich für CI plus HG ( $95 \% \pm 6 \%$ ), dann CI ( $91 \% \pm 8 \%$ ) und zuletzt HG ( $86 \% \pm 16 \%$ ), wobei die Unterschiede statistisch nicht signifikant waren.

Bei der Nutzung des CI allein lag die Frequenzdiskrimination bei im Mittel  $10 \pm 7$  Vierteltonschritten (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) und war tendenziell besser als mit HG allein bzw. CI und HG kombiniert. Im Subtest Melodiediskrimination wurde in allen Hörmodalitäten im Mittel ein Intervall von ca. acht Halbtönen erkannt, die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant. Im Subtest Akkorddiskrimination wurden im Mittel zwischen 78 % und 82 % der Akkorde erkannt. Insgesamt war deshalb die mittlere Trefferquote mit CI+HG am besten, gefolgt von CI (beste untere Erkennungsschwelle), und dann von HG allein. Die Akkorddiskrimination war mit CI und HG tendenziell besser als mit HG allein.

Die Instrumentenidentifikation war mittels CI im Schnitt am besten ( $82 \% \pm 8 \%$ ), HG und CI+HG lagen mit durchschnittlich  $78 \%$  etwas schlechter, die Unterschiede waren allerdings nicht statistisch signifikant. Andererseits wurden in Ensembles mit CI+HG im Mittel  $3,3 \pm 1,2$  Instrumente erkannt, mit HG allein nur  $2,5 \pm 1,4$  Instrumente und mit CI allein nur  $2,2 \pm 1,2$  Instrumente.

Im Subtest Dissonanz-/Konsonanzbeurteilung ergab sich für alle Hörmodalitäten im Mittel eine ausgeglichene Empfindung, die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant. Im Subtest Emotionswahrnehmung waren dagegen die Werte für CI tendenziell höher als für HG, zu CI+HG bestanden keine Unterschiede.

#### **4.1.2 Vergleich mit der Literatur**

Ein häufig genutzter globaler Test zur Beurteilung des Musikhörens mit CI ist die Melodieerkennung. Die Bestimmung der Melodieerkennung ist allerdings interindividuell und in den verschiedenen Studien schwer vergleichbar, da hierbei die Vorkenntnisse der Betroffenen, ihr Gedächtnis für Melodien und deren Titel sowie das situative Umfeld eine große Rolle spielen [Gfeller et al., 2002b, McDermott, 2004, Cooper et al., 2008]. Die Erkennung von Melodien hängt außerdem von der Rhythmik der Melodien ab [Kong et al., 2004, Schulz und Kerber, 1994, Galvin et al., 2007] und dem Vorhandensein erkennbarer Worte im Gesang [Futija und Ito, 1999, Leal et al. 2003, Gfeller et al., 2005, Mitani et al., 2007]. Insgesamt war die Melodie-Erkennung bei der Verwendung von bekannten Melodien bei den CI-Trägern sehr viel schlechter als bei Normalhörenden [Schulz und Kerber, 1994, Pijl und Schwarz, 1995a, 1995b, Gfeller et al., 2002b und 2005, Zeng, 2004, Kong et al., 2005, Limb, 2006, Kang et al., 2009] oder HG-Nutzern [Looi et al., 2008a]. Ein Einfluss der Art des CI zeichnete sich bei einem Vergleich von heutzutage gebräuchlichen CI dagegen nicht ab [Gfeller et al., 2005, Galvin et al., 2007, Kang et al., 2009]. Allerdings wiesen Gfeller et al. [2006] bei CI-Trägern mit Resthörvermögen, verstärkt durch HG, eine bessere Melodieerkennung von bekannten Melodien (im Original, d.h. ohne Elimination von Rhythmus und ggf. Text) nach als bei CI-Trägern ohne Resthörvermögen. Außerdem ergab sich ein Einfluss der Musikrichtung, die Rate korrekt erkannter Melodien nahm von Folkmusik über Popmusik zu klassischer Musik ab [Gfeller et al., 2005]. CI-Hörer beschrieben bekannte Melodien, die mit CI gehört wurden, im Vergleich zu den erinnerten Melodien z.T. als monoton, z.T. als insgesamt anders verlaufend, z.T. als

gleich verlaufend aber mit abweichenden Intervallen und häufig als flach oder komprimiert in der Tonhöhe [Gfeller et al., 2005].

Aufgrund der vielen Einflüsse auf die Melodieerkennung wurden verschiedene Tests zur Erkennung einzelner melodischer Komponenten entwickelt, z.B. der PMMA (Primary Measures of Musical Audition) [Gordon, 1979], der MBEA (Montreal Battery for Evaluation of Amusia) [Peretz et al., 2003], der MCI (Melodic Contour Identification) [Galvin et al., 2007], der CAMP (Clinical Assessment of Music Perception) [Nimmons et al., 2008, Kang et al., 2009], und neben anderen [Kong et al., 2005, Pressnitzer et al., 2005, Vandali et al., 2005] der hier angewandte.

Der PMMA ist ein sehr kurzer Test, der für Kinder entwickelt wurde. Dabei sollen zwei kurze Tonbeispiele dahingehend beurteilt werden, ob sie gleich oder verschieden sind. Der Test umfasst Tonbeispiele zur Prüfung der tonalen und der rhythmischen Wahrnehmung [Gordon, 1979]. Der MCI umfasst 135 Tonbeispiele von jeweils 5 Tönen Länge, bei denen sowohl die Intervalle zwischen den Tönen als auch die Höhe des Ausgangstones variieren [Gordon, 1979]. Im CAMP werden die Frequenzdiskrimination, die Melodieerkennung und die Instrumentenerkennung von 8 Instrumenten geprüft [Nimmons et al., 2008, Kang et al., 2009]. Im Vergleich zu PMMA, MCI und CAMP ist die MBEA ein sehr umfangreiches Instrument, das zur Diagnostik der Amusie entwickelt wurde. Es wird die tonale Wahrnehmung anhand von Melodiekontur und Intervall bestimmt, daneben die Rhythmuswahrnehmung und die Wahrnehmung des Metrums sowie das Gedächtnis für Melodien [Peretz et al., 2003]. Obwohl dieser Test eine sehr viel detailliertere Erfassung der Musikperzeption ermöglicht als der PMMA, war er für die Gruppe der Patienten mit Cochlea Implantaten weniger geeignet als der hier verwendete Test der Mu.S.I.C. Studie. Dies gründete sich z.B. darauf, dass der MBEA im Gegensatz zum Test der Mu.S.I.C. Studie für die Frequenzdiskrimination auf längere Musikbeispiele zurück. In der eigenen Testversion wurden für die Frequenzdiskrimination nur jeweils zwei Töne als Hörbeispiele verwendet. Damit konnte die Frequenzdiskrimination unabhängig von der Melodieerkennung geprüft werden. Auch in den anderen Untertests war das in dieser Studie verwendete Tonmaterial so gestaltet, dass der erhobene Parameter (z.B. Akkorddiskrimination, Instrumentenidentifikation) unabhängig von anderen Einflüssen wie Melodieerkennung oder Rhythmuserkennung getestet wurden. Daneben wurde der Test

der Mu.S.I.C. Studie ausgewählt, da die Musikperzeption sehr viel umfangreicher und detaillierter erhoben werden konnte als mit den oben angeführten anderweitig eingesetzten Tests.

#### **4.1.2.1 Rhythmusdiskrimination**

Die zeitlichen Muster, die in der Musik den Rhythmus vermitteln, liegen im Wesentlichen zwischen 0,2 und 20 Hz, die notwendige zeitliche Auflösung für Ton- bzw. Pausendauer liegt im Bereich von Hundertstel Sekunden [McDermott, 2004]. Derzeit verwendete CI vermitteln diese zeitliche Information besser als die Information über die Tonhöhe [Gfeller et al., 2002a].

Eine gute Rhythmuserkennung ist für CI-Träger ein wichtiger Schlüssel zur Wahrnehmung von Musik. So werden Stücke mit rhythmischer Struktur von CI-Trägern generell besser erkannt als Musikstücke ohne ausgeprägte rhythmische Struktur [Schulz und Kerber, 1994]. Auch Eltern von CI-implantierten Kindern gaben an, dass ein klarer Beat für das Musikhören der Kinder ein wichtiger Faktor sei [Gfeller et al., 2000b].

Bereits 1991 ermittelten Gfeller und Lansing bei 10 CI-Trägern im PMMA für die Rhythmuserkennung (Vergleich zweier kurzer rhythmischer Folgen, Entscheidung ob gleich oder verschieden) im Mittel 88 % korrekte Bestimmungen. Eine Relation zur Art des CI bestand nicht [Gfeller und Lansing, 1991]. In einer Nachfolgestudie wurde bei 17 Probanden ein Mittelwert von 84 % erreicht [Gfeller et al., 1997]. In einer Modifikation des PMMA erreichten 29 CI-Träger (24-Elektroden, Prozessoren ACE und SPEAK) im Mittel 90 % korrekte Antworten, wobei sich keine Unterschiede zwischen zwei unterschiedlichen Prozessoren ergaben [Leal et al., 2003]. Abweichend erreichten 69 CI-Träger in einer aktuellen Studie [Lassaletta et al., 2008a] nur im Mittel 79 % korrekte Angaben, wobei aus den Angaben zu den Probanden keine Ursache für das verhältnismäßig schlechte Abschneiden dieser Patienten abgeleitet werden konnte. Zwischen CI-Trägern und HG-Nutzern mit vergleichbarem Hörverlust ergaben sich keine Unterschiede in der Fähigkeit zur Rhythmuserkennung [Looi et al., 2008a].

Andere Studien verwendeten andere Methoden zur Untersuchung der Rhythmuserkennung, die Ergebnisse sind daher nicht direkt vergleichbar [Kong et al., 2004, Szelag et al., 2004].

Beim Vergleich mit normalhörenden Probanden schnitten CI-Träger bei der Rhythmuserkennung in den meisten Studien annähernd gleich gut ab. Möglicherweise ist die Identifikation von sehr langsamen Rhythmen (unter 3 Schlägen pro Sekunde) bei CI-Trägern schlechter [Gfeller et al., 1997, Kong et al., 2004, McDermott, 2004, Szelag et al., 2004]. In einer Studie zur Identifikation geringer rhythmischer Unterschiede (Zuordnung zu einer von sieben Notierungen) schnitten CI-Träger dagegen statistisch signifikant schlechter ab als Normalhörende [Kong et al., 2004].

In der eigenen Studie gelang die Rhythmuskrimination zwischen 60 % und 100 %, die höchste Erkennungsrate ergab sich für CI plus HG mit 95 %  $\pm$  6 %, gefolgt von CI (91 %  $\pm$  8 %) und HG (86 %  $\pm$  16 %). Die Werte lagen im Bereich der von den meisten anderen Untersuchern festgestellten guten Rhythmuserkennung. Für die Kombination von CI und HG bestehen im Bereich der Rhythmuserkennung möglicherweise Vorteile gegenüber dem Hören mit CI bzw. HG allein. Aufgrund der geringen Stichprobengröße waren diese Vorteile aber statistisch nicht nachweisbar.

#### **4.1.2.2 Frequenz- und Melodiediskrimination**

Während die spektrale Auflösung, die durch die heutzutage üblichen 16 bis 22 Elektroden von CI an die Implantatträger übermittelt werden kann, für die Spracherfassung ausreichend sein mag, ist sie nicht ausreichend für die korrekte Erfassung der musikalischen Tonhöhen [McDermott und McKay, 1997, Pijl, 1997, Gfeller et al., 2000a, Smith et al., 2002, Kong et al., 2004, Oxenham et al., 2004, Shannon et al., 2004, Drennan und Rubinstein, 2008]. Es wird davon ausgegangen, dass die neuronale Kodierung der Tonhöhe bei Normalhörenden und bei CI-Trägern über die Lokalisation der erregten Sinneszellen in der Cochlea, über das Feuermuster der Neuronen und möglicherweise über Phasenkomponenten des Erregungsspektrums erfolgt [McKay et al., 2000, Baumann und Nobbe, 2004, Loeb, 2005, Baumann und Nobbe, 2006, Drennan und Rubinstein, 2008]. Dabei nimmt die Bedeutung des Feuermusters der Neuronen, also die zeitliche Kodierung, bei Tonhöhen über 300 Hz ab. Entsprechend ist das Erkennen von Tonhöhen bei CI-Trägern oberhalb 300 Hz schlechter als unterhalb 300 Hz [Pijl und Schwarz, 1995a, 1995b, McDermott und McKay, 1997, Galvin et al., 2007].

Die Frequenzerfassung wurde im PMMA durch Tonfolgen geprüft, die bei gleichen Tonlängen unterschiedliche Tonhöhen aufwiesen, wobei der Probanden entscheiden

sollte, ob zwei Tonfolgen gleich oder verschieden waren. Normalhörende erreichten in diesem Test tendenziell höhere Trefferquoten als in der Rhythmuserfassung [Gfeller und Lansing, 1991]. CI-Träger erreichten dagegen deutlich schlechtere Werte als in der Rhythmuserfassung, die mittlere Anzahl korrekt beurteilter Tonfolgen lag zwischen 70 % und 80 % [Gfeller und Lansing, 1991, Gfeller et al., 1997, Leal et al., 2003, Laneau et al., 2004, Lassaletta et al., 2007, 2008a]. Auffällig war in allen hier zitierten Studien eine große interindividuelle Variabilität der Ergebnisse. Diese wurde auch im MCI bestätigt. In diesem Test zeigten die am besten abschneidenden CI-Träger dann große Schwierigkeiten in der Beurteilung des melodischen Verlaufs von 5-Ton-Folgen, wenn die Intervalle zwischen zwei aufeinander folgenden Tönen einen Ganztonschritt oder weniger betragen. Das Ergebnis im MCI ließ sich durch ein Training (analog zum Spracherfassungstraining) steigern [Galvin et al. 2007, Yucel et al., 2009]. Die Erkennung von Tonhöhenunterschieden zeigt eine statistisch signifikante Korrelation mit der Erkennung bekannter Melodien [Looi et al., 2008a].

In der hier vorgestellten Untersuchung wurde die Diskrimination der Tonhöhen bei Tonintervallen und bei Akkorden geprüft. Die Tonhöhenenerkennung ist der einzige Parameter, der bei CI-Trägern unmittelbar nach CI-Implantation schlechter ist als unmittelbar vor CI-Implantation [Looi et al., 2008b].

Offensichtlich ist die Frequenzdiskrimination durch andere akustische Gegebenheiten wie insbesondere das Timbre des verwendeten Musikinstrumentes beeinflussbar. Haumann et al. [2007] untersuchten die Frequenzdiskrimination von CI-Trägern bei Einspielung durch verschiedene Instrumente. Dabei ergaben sich für Klavier im Mittel 11,5 Halbtonschritte und damit ein signifikant größeres Intervall als bei Klarinette (5,1 Halbtonschritte) und Trompete (6,6 Halbtonschritte), mittlere Werte wurden für die Geige erreicht (7,9 Halbtonschritte). Normalhörende konnten dagegen durchgehend das kleinste dargebotene Intervall von einem Halbtonschritt identifizieren. Die Autoren führten die Unterschiede darauf zurück, dass bei dem Klavier weniger Obertöne mitklingen, die zudem nach dem Anschlagen des Tones rascher Verklängen als der Grundton. Durch die begrenzte Kanalzahl und die Bandpassfilterung mit logarithmischer Verteilung der Kanalmitfrequenzen im Sprachprozessor wird das reguläre Obertonmuster durch die CI nicht adäquat abgebildet. Gfeller et al. [2002b] ermittelten bei 46 CI-Trägern eine mittlere Diskriminationsschwelle für Klaviertöne von 7,6 Halbtonschritten (Spannweite 1–24 Halbtonschritte). Die Diskriminationsschwel-

len von Normalhörenden lagen bei durchschnittlich 1,1 Halbtonschritten (Spanne 1–2 Halbtonschritte). Besser war die Frequenzdiskrimination bei Gesangsstimmen. Allerdings lagen auch hier die Ergebnisse von CI-Trägern ab einem Intervall von 4 Halbtonschritten im Bereich der Zufallstreffer [Looi et al., 2008a]. Galvin et al. [2008] testeten die Melodieerkennung bei 8 CI-Trägern mit Orgel, Glockenspiel, Trompete, Klarinette, Violine und Klavier. Auch sie fanden die schlechtesten Resultate für die Melodieerkennung bei dem Klavier, die besten Resultate dagegen bei der Orgel. Bei CI-Trägern mit größerer musikalischer Erfahrung hatte das Instrument einen geringeren Einfluss auf die Melodieerkennung. In einer Folgestudie wiesen Galvin et al [2009] bei 7 CI-Trägern nach, dass die Melodieerkennung deutlich schlechter wurde, wenn ein zweites Instrument eine Folge gleicher Töne zu der Melodie spielte.

Die Frequenzdiskrimination lag in der eigenen Studie im Mittel bei 5 Halbtonschritten, im Subtest Melodiediskrimination wurde innerhalb einer einhändigen Klavierphrase im Mittel ein Intervall von 8 Halbtönen erkannt. Im Subtest Akkorddiskrimination wurden im Mittel zwischen 78 % und 82 % der Akkorde erkannt.

Die gefundenen Intervalle in der Frequenzunterscheidung stimmten ebenso wie die große interindividuelle Schwankung der Ergebnisse mit der Literatur überein. Wie in der Literatur war auch in der eigenen Studie die Erfassung der Tonhöhen schlechter als die Erfassung des Rhythmus. Methodisch vergleichbar sind die Ergebnisse besonders bei der Akkorddiskrimination, bei der die Trefferquoten deutlich unter den Trefferquoten der Rhythmuserfassung lagen. Die Einschränkung des Musikhörens insbesondere im melodischen Bereich wird deutlich dadurch, dass bei Einzeltönen nur Frequenzunterschiede von 5 Halbtönen und in melodischen Phrasen nur Frequenzunterschiede von 8 Halbtönen unterschieden werden konnten.

Der Vergleich der Hörmodalitäten ergab, dass Musikhören mit HG allein in keinem Subtest besser abschnitt als mit CI allein oder CI und HG kombiniert. In der Frequenzdiskrimination und in der Emotionswahrnehmung waren die Ergebnisse mit CI tendenziell besser als mit CI und HG bzw. HG allein. Nur die Akkorddiskrimination war mit CI und HG tendenziell besser als mit CI bzw. HG allein. Ein eindeutiger Vorteil für die Kombination von CI und HG ließ sich aus diesen Ergebnissen objektiv nicht ableiten. Der Vorteil wurde von den Probanden aber subjektiv empfunden (sie-

he unten). Die Ergebnisse dieser Studie beziehen sich auf den Vergleich verschiedener Hörmodalitäten bei Patienten mit CI und Resthörvermögen. Eine ähnliche Studie ist bisher nur von Kong et al. [2005] durchgeführt worden. Sie wiesen für die Melodieerkennung einen Vorteil von CI plus HG gegenüber CI bzw. HG allein nach. Hier handelte es sich allerdings um eine relativ kleine Gruppe mit 5 Probanden, von denen ein Probanden ein ausgesprochen schlechtes Ergebnis mit CI allein, ein weiterer Probanden ein sehr schlechtes Ergebnis mit HG allein aufwies, während bei den drei verbleibenden Probanden nur sehr geringe Unterschiede bestanden.

Dagegen konnte wiederholt nachgewiesen werden, dass die Frequenzunterscheidung von Patienten mit CI und Resthörvermögen, die CI plus HG nutzten, besser war als bei Patienten ohne Resthörvermögen, die allein mit CI und dabei mit langen Elektroden versorgt worden waren [Gantz et al., 2005, Kong et al., 2005, Gantz et al., 2006, Gfeller et al., 2006, 2007]. Die Frequenzunterscheidung war insbesondere im Bereich  $< 100$  Hz bei Patienten mit CI plus HG besser. Eine Studie von Dorman et al. [2008], ebenfalls als Gruppenvergleich konzipiert, zeigte ebenfalls für die Probanden mit CI plus HG ein besseres Abschneiden in der Melodieerkennung (im Mittel 72 %) als für die Probanden mit CI allein (im Mittel 52 %). El Fata et al. [2009] wiesen für CI-Träger dann eine bessere Melodieerkennung nach, wenn in den tiefen Frequenzen ein Resthören mit Hörschwellen  $< 85$  dB vorhanden war. Der Vorteil zeigte sich insbesondere in rein instrumental vorgetragenen Melodien, die mit CI und HG in 59,7 % gegenüber 38,8 % mit CI allein erkannt wurden.

#### **4.1.2.3 Instrumentenidentifikation und -detektion**

Die Erfassung von Instrumentalklängen erfolgt über das "Timbre" der Töne, das unter anderem von dem Frequenzspektrum, dem Tonumfang und deren Veränderungen über die Zeit bestimmt wird [Pratt und Doak, 1974, Grey, 1977, Gfeller et al., 1998, 2002a]. Wenn keine weiteren Hinweise auf das Instrument vorlagen, wenn eine vorgegebene gleiche Melodie von verschiedenen Instrumenten gespielt wurde, war die Instrumentenerkennung bei CI-Trägern schlecht. Instrumente werden nur dann erkannt werden, wenn die CI-Träger nach der Implantation die Möglichkeit hatten, das Instrument bewusst zu hören [Fujita und Ito, 1999].

Bei einer vorgegebenen Auswahl von jeweils 5 Instrumenten wurden von CI-Trägern im Mittel nur 35 % der Instrumente korrekt erkannt, von Normalhörenden dagegen

90 % [Schulz und Kerber, 1994]. Bei einem ähnlichen Test, allerdings mit jeweils 16 vorgegebenen Alternativen statt nur 5, erreichten in einer späteren Untersuchung die CI-Träger im Mittel 47 % korrekte Bestimmungen, Normalhörende im Mittel 91 % [Gfeller et al., 2002a]. Während die Fehler bei Normalhörenden häufig Fehlzuordnungen innerhalb der gleichen Instrumentengruppe (z.B. Streicher, Blechbläser) betrafen, war eine ähnliche Systematik bei den CI-Trägern nicht zu erkennen. In einer aktuellen Studie schnitten Nutzer von HG mit vergleichbarem Hörverlust bei der Identifikation von Instrumenten nicht besser ab als CI-Träger. Bei einer Identifikation von Instrumenten aus jeweils 12 vorgegebenen Alternativen (Hörbeispiele von 5 Sekunden Dauer aus kommerziell vertriebenen CDs) erreichten CI-Träger für Soloinstrumente 61 %, für Soloinstrumente mit Begleitung 45 % und für Ensembles 41 % korrekte Zuordnungen. Normalhörende erreichten in allen Subtests im Mittel 95 %, HG-Nutzer, die den Kriterien für eine CI-Implantation entsprachen, schnitten nur unwesentlich schlechter ab als CI-Nutzer [Looi et al., 2008a]. Bei einer vorgegebenen Melodie ohne rhythmische Elemente ergab sich dagegen ein Mittelwert von 49 % korrekt erkannten Instrumenten (Auswahl von 8) [Nimmons et al., 2008]. In dieser Studie wurde die Gitarre am häufigsten erkannt, die Flöte dagegen am seltensten. Auch in dieser Studie kam es häufiger zu Fehlzuordnungen zu anderen Instrumentenfamilien, insbesondere für die Holzblasinstrumente. In allen aufgeführten Studien ergaben sich ausgeprägte interindividuelle Unterschiede. Die Erfassung des Timbres von Instrumenten zeigte eine schwache, negative Korrelation mit dem Alter und der Dauer der Nutzung des CI [Gfeller et al., 1998, 2002a]. Auch wenn die Instrumentenerkennung mit CI deutlich schlechter war als bei Normalhörenden, so war sie nach Implantation doch statistisch signifikant besser als vor der CI-Implantation [Looi et al., 2007, Filipo et al., 2008].

In der eigenen Untersuchung erfolgte die Instrumentenidentifikation zum Einen über eine bei allen Instrumenten gleiche kurze Melodie, zum Anderen über eine kurze, für das Instrument typische Melodie. Die Instrumentenidentifikation war mittels CI im Schnitt am besten ( $82 \% \pm 8 \%$ ), HG und CI+HG lagen mit durchschnittlich 78 % etwas schlechter, die Unterschiede waren allerdings nicht statistisch signifikant.

Die gegenüber den Vergleichsstudien bessere Identifikation von Instrumenten kann ihre Ursache zum einen darin haben, dass gegenüber den anderen Untersuchungen die Hörbeispiele länger waren und neben einer einheitlichen Melodie auch für das

Instrument typische Musikstücke umfassten. Hier haben möglicherweise Charakteristika der Musikstücke zusätzlich zum Timbre Hinweise auf das Instrument gegeben. Allerdings entspricht dieser Test eher der Alltagssituation. Andererseits fanden auch Gfeller et al. [2006] bei Patienten mit CI plus HG statistisch signifikant bessere Ergebnisse in der Instrumentenerkennung als bei Patienten mit CI allein [Gfeller et al., 2006], so dass auch für die hier untersuchte Probandengruppe bessere Ergebnisse erwartet werden konnten.

Neben der Instrumentenidentifikation wurde auch die Instrumentendetektion in Ensemblemusikstücken geprüft. Es wurden mit CI+HG im Mittel  $3,3 \pm 1,2$  Darbietungen erkannt, mit HG allein nur  $2,5 \pm 1,4$  Darbietungen und mit CI allein nur  $2,2 \pm 1,2$  Darbietungen. 3 der 6 Probanden erreichten die höchste Zahl korrekt detektierter Darbietungen beim Hören mit CI und HG, während in der Instrumentenidentifikation im Solospiel die Ergebnisse für CI allein am besten waren. Worauf diese Unterschiede beruhten, lässt sich bei der geringen Probandenzahl nicht ableiten. Das Hörgerät scheint für die Analyse eine Hilfe zu bieten. Ein Vergleich mit der Literatur kann nicht erfolgen, da vergleichbare Testmodule in anderen Untersuchungen zur Musikperzeption von CI-Trägern nicht eingeschlossen waren.

#### **4.1.2.4 Beurteilung von Dissonanz/Konsonanz sowie Emotion**

In einem Untertest wurden die Probanden aufgefordert, Klavierklänge auf einer visuellen Analogskala von 1 = dissonant bis 10 = konsonant zu beurteilen. Die Klänge wurden mit CI und HG im Mittel als stärker konsonant empfunden als mit HG allein. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit dem Ergebnis der Akkorddiskrimination, die mit CI und HG tendenziell besser war als mit CI oder HG allein. Die bessere Akkorddiskrimination führte möglicherweise dazu, dass Akkorde eher als konsonant eingestuft wurden.

Auch die Emotion kurzer Musikstücke wurde auf einer visuellen Analogskala von 1 = traurig bis 10 = fröhlich beurteilt. Die Beurteilung war mit CI und HG nicht anders als mit CI oder HG allein. Es fiel auf, dass die interindividuellen Unterschiede in der Beurteilung der Emotion größer waren als die intraindividuellen Unterschiede zwi-

schen den Hörmodalitäten. Möglicherweise spielen die Musikkultur und die individuellen Erfahrungen der Probanden mit Musik hier eine übergeordnete Rolle.

Vergleichbare Untersuchungen zur Beurteilung von Dissonanz/Konsonanz und zur Emotion sind in den in anderen Studien zur Musikperzeption von CI-Trägern verwendeten Testverfahren nicht enthalten, so dass ein Vergleich mit anderen Studienergebnissen hier nicht durchgeführt werden konnte.

## **4.2 Subjektive Perzeption von Musik und Hörgewohnheiten**

### **4.2.1 Zusammenfassung der eigenen Ergebnisse und Vergleich mit der Literatur**

#### **4.2.1.1 Allgemeine Bewertung des Musikhörens**

Für alle 10 Probanden konnte der Fragebogen ausgewertet werden. Häufigkeit und Dauer des Musikhörens wurden vor der Hörminderung und nach der Cochlea Implantation nicht unterschiedlich angegeben. Die Qualität des Musikhörens wurde nach Implantation von 50 % der Patienten als „überwiegend natürlich“, von 80 % als „überwiegend angenehm“ beurteilt. Nur drei Patienten gaben an, die Musik in den Sprachprozessor einzuspeisen. Die meisten Patienten begannen nach der CI Implantation innerhalb eines Zeitraumes von ca. 3 Monaten wieder, regelmäßig Musik zu hören. 10 % nahmen dabei ausschließlich unangenehme Geräusche wahr, 20 % der Patienten nahmen angenehme Töne, aber keine Melodie wahr. Den Rhythmus zu erkennen, gaben 100 % der Patienten an, die Melodie nur 50 %. Alle Patienten gaben an, hohe und tiefe Töne unterscheiden zu können. Jeweils 70 % der Patienten empfanden Musik mit zusätzlichem Hörgerät als natürlicher und angenehmer, 50 % auch allgemein als besser. Keiner der 10 Patienten gab an, dass sich Musik mit zusätzlichem Hörgerät unnatürlicher, unangenehmer oder schlechter anhört. Insgesamt spielte die Musik vor der Hörminderung für 60 % der Patienten nur eine geringe bis mittlere Rolle, seit der CI für 80 %. Die Häufigkeitsverteilung der Angaben vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation war nicht statistisch signifikant unterschiedlich.

Der Rückgang der Bedeutung der Musik nach einer Hörminderung gegenüber vor dem Eintritt der Hörminderung war ein erwartetes Ergebnis der Befragung. Ein ähnliches Ergebnis erbrachte eine Befragung von Gfeller et al. [2000a] unter 65 CI-Trägern. Bei den CI-Trägern mag eine zusätzliche Ursache für den Rückgang der

Bedeutung der Musik auch sein, dass die Musikperzeption mit den CI nicht ausreichend ist, da die spektrale Auflösung, die durch die heutzutage üblichen CI an die Implantatträger übermittelt werden kann, auf die Spracherfassung und nicht auf die Musikerfassung abgestellt ist [McDermott und McKay, 1997, Gfeller et al., 2000a, Smith et al., 2002, Kong et al., 2004, Oxenham et al., 2004, Shannon et al., 2004]. Mirza et al. [2003] ermittelten lediglich eine Rate von 46 % CI-Trägern, die nach der Implantation noch Musik hörten. 2009 fanden Migirov et al. [2009] bei einer Befragung von 53 CI-Trägern in Israel, dass immerhin noch drei Viertel der Befragten (n = 39, 73,6 %) nach der Implantation weiter Musik hörten. Ein Zusammenhang des Musikhörens mit Alter, Geschlecht, Dauer der Ertaubung, Zeit seit Implantation, Art des CI oder Sprachkodierung ergab sich dabei nicht.

Vor diesem Hintergrund war das Ergebnis unerwartet, dass vor Hörminderung nicht signifikant mehr und länger Musik gehört wurde als nach Implantation des CI. Andere Patienten, die nur mit CI versorgt waren, gaben dagegen an, dass sie nach der Implantation statistisch signifikant weniger Musik hörten als vor der Hörminderung [Lassaletta et al., 2008a]. Möglicherweise führt die bessere Musikwahrnehmung mit CI plus HG gegenüber CI allein tatsächlich dazu, dass die Patienten ihr Musikhören weniger stark einschränkten. Dafür spricht auch das Ergebnis von Lassaletta et al. [2008a], dass Patienten mit Resthörvermögen vor der CI-Implantation statistisch signifikant häufiger über 2 Stunden pro Woche Musik hörten als Patienten ohne Resthörvermögen vor der Implantation. Durch die retrospektive Erhebung hat sich in der eigenen Untersuchung möglicherweise ein Bias durch die mangelnde Erinnerung der Patienten an den Zustand ohne Hörminderung ergeben, insbesondere da die Hörminderung in den meisten Fällen schleichend einsetzte. Dies betraf allerdings die Patienten der Studie von Lassaletta et al. [2008a] ebenso, da hier ebenfalls die Angaben vor der Hörminderung retrospektiv erfragt wurden.

Die angegebene hohe Dauer des Musikhörens kann als ein positives Ergebnis gewertet werden. Die Fähigkeit der Tonhöhenerkennung nach CI-Implantation zeigte nach Leal et al. [2003] und Galvin et al. [2008] einen Zusammenhang mit der musikalischen Erfahrung, aber auch mit den Hörgewohnheiten nach CI-Implantation. Ob eine bessere Tonhöhenerkennung dabei ursächlich für höheren Musikgenuss und damit längeres Musikhören war oder ob längeres Musikhören über einen Übungseffekt

fekt zu einer besseren Tonhöhenenerkennung führte, ließ sich aus den Studien nicht ableiten. Gfeller et al. [2002a] konnten aber nachweisen, dass durch ein musikbezogenes Hörtraining ähnlich dem Sprachtraining eine messbare Verbesserung von Tonhöhenenerkennung und Instrumentenerkennung möglich war. Allerdings hatten Gfeller et al. [2002a] nicht erhoben, ob die Probanden nach dem Training länger und mit mehr Genuss Musik hörten.

Feldmann und Kumpf [1988] befragten Schwerhörige nach ihrem Musikerleben. 79 % der befragten Schwerhörigen gaben an, dass Schwerhörigkeit das Musikhören beeinträchtigt. Nur 10 % hatten den Eindruck, dass Schwerhörigkeit keinen Einfluss auf das Musikhören habe. 95 % der befragten Schwerhörigen hörten gern Musik, als sie noch gut hören konnten. Nach einer CI-Implantation wurde die Qualität des Musikerlebens zwar schlechter als vor der Hörminderung, zumindest aber statistisch signifikant besser als vor der Implantation angegeben [Filipo et al., 2008]. Nach Studien von Leal berichten rund 38 % aller CI-Träger, dass sie mit ihrem Gerät nicht gerne Musik hörten [Leal et al. 2003]. Auch in einer Befragung von Gfeller et al. [2000a] gaben ein Drittel der CI-Träger an, dass sie Musik aufgrund des geringen Hörgenusses eher vermieden. Ähnlich empfanden 20 % der Patienten in der eigenen Studie Musik nicht als „überwiegend angenehm“. Die 69 von Lassaletta et al. [2008a] befragten CI-Träger gaben ebenfalls einen statistisch signifikant geringeren Musikgenuss an als vor der Hörminderung. Erstaunlicherweise zeigte der aktuelle Musikgenuss keinen Zusammenhang mit den Ergebnissen von Sprachverständnistests oder den Ergebnissen im PMMA, ebenso wenig wie mit Alter, Geschlecht, Resthörvermögen, Dauer der Ertaubung, Dauer seit CI-Implantation, verwendetem CI-Modell oder Musikerziehung. Die Angaben zur Qualität der Musik (Skala von 0-100, positive Angabe jeweils 100) lagen in diesem Kollektiv im Mittel bei 60 für „ich mag Musik“, 59 für „klingt wie Musik“, 50 für „klingt natürlich“ im Gegensatz zu „klingt mechanisch“, und 46 für „leicht zu verfolgen“, wobei die interindividuelle Streubreite der Angaben mit einer durchschnittlichen Standardabweichung von 30 sehr hoch war. Auch in einer Studie von Brockmeier et al. [2007] beschrieben 51 % der CI-Träger den Klang von Musik als „natürlich“, was mit den in der eigenen Befragung ermittelten Werten genau übereinstimmt.

In der Befragung von Lassaletta et al. [2008a] gaben 84 % der befragten 69 CI-Träger ebenfalls an, dass ein deutlicher Rhythmus den Musikgenuss fördere.

Subjektiv bestand weit überwiegend die Einschätzung, dass Musik mit CI und HG angenehmer und natürlicher klinge. In der eigenen Studie waren die Ergebnisse im objektiven Test mit CI plus HG gegenüber CI bzw. HG allein in der Akkorddiskrimination sowie in der Instrumentenerkennung und –detektion besser, wobei sich aufgrund der großen interindividuellen Variation nur die Unterschiede der Hörmodalitäten in der Akkorddiskrimination tendenziell statistisch nachweisen ließen. Intraindividuelle Vergleiche der Hörmodalitäten (CI plus HG bzw. CI oder HG allein) fehlen in der Literatur. In der Befragung von Lassaletta et al. [2008a] ergaben sich ebenfalls Hinweise darauf, dass Patienten mit Resthörvermögen Musik besser hören konnten als Patienten mit CI allein. Patienten mit Resthörvermögen gaben hier insbesondere häufiger Musikhören in schwierigen Hörumgebungen wie in Kirchen oder bei Freiluftkonzerten an. Unter den von El Fata et al. [2009] untersuchten 14 CI-Trägern mit zusätzlicher Hörgerätversorgung schnitten die 8 Patienten mit einer Hörschwelle  $< 85$  dB in den tiefen Frequenzen nicht nur in der Melodieerkennung besser ab, sie bewerteten das Musikhören mit CI und HG auch alle als die angenehmste Weise, Musik zu hören. Bei den Patienten mit geringerem Resthörvermögen wurde dagegen kein Vorteil des bimodalen Musikhörens angegeben, diese Patienten hörten Musik überwiegend mit CI allein. Auch Fitzpatrick et al. [2009] fanden in einer retrospektiven Befragung von 124 CI-Trägern einen Anteil von 25 %, die CI und HG nutzten. Diese Patienten zeichneten sich durch ein besseres Resthörvermögen aus. Von den Patienten mit einer Hörschwelle  $< 110$  dB verwendeten nur 30 % regelmäßig sowohl CI als auch HG. Dieser Trennwert für das Resthörvermögen war offensichtlich zu niedrig angesetzt, um eine gute Vorhersage über den subjektiven Nutzen des bimodalen Hörens im Alltag zu treffen.

#### **4.2.1.2 Art des Musikhörens und Musikstilrichtungen**

Offenbar erfordert das Musikhören von den CI-Trägern ein gewisses Maß an Konzentration und Aufmerksamkeit. Andererseits gehört Musik zum Alltag, sei es durch Beschallung z.B. in Läden, sei es durch die musikalische Untermalung von Sendungen oder Filmen in Radio und Fernsehen. Musik wurde von der einen Hälfte der Probanden nur „ohne Ablenkung“, von der anderen Hälfte zusätzlich auch „im Hintergrund“ gehört. Der Ort des Musikhörens war vor Eintritt der Hörminderung und nach CI-Implantation nicht statistisch signifikant unterschiedlich, allerdings wurden alle An-

gaben nach Implantation etwas seltener angegeben, besonders ausgeprägt das Radiohören zu Hause. Auch die gehörten Musikstilrichtungen waren vor und nach Implantation nicht unterschiedlich. Die Einschätzung des Hörgenusses war über die Musikrichtungen im Wesentlichen ausgeglichen. Über alle Musikrichtungen entfielen von den gültigen Angaben 28 % auf keinen bzw. geringen Genuss, 40 % auf mittleren Genuss und 32 % auf großen bzw. sehr großen Genuss.

Lassaletta et al. [2008a] befragten CI-Träger nach den Faktoren, die den Musikgenuss förderten bzw. behinderten. Hier wurde „ruhige Umgebung“ mit 90 % am häufigsten als förderlicher Faktor genannt, während „echoreiche Räume“ und „laute Räume“ mit 91 % bzw. 93 % am häufigsten als hinderlicher Einfluss genannt wurden. Andere häufig genannte förderliche Faktoren (>70 %) waren in absteigender Reihenfolge „bekannte Musik“, „klarer Rhythmus“ und „technische Qualität der Aufnahme“. Auch bei Gfeller et al. [2000a] war eine ruhige Umgebung der am häufigsten genannte positive Einfluss auf den Musikgenuss.

Musik ist in den verschiedenen Stilrichtungen unterschiedlich komplex. Schulz und Kerber [1994] stellten fest, dass Musik umso weniger von CI-Trägern gehört wird, je komplexer sie ist. In einer Untersuchung von Gfeller et al. [2003] schätzten CI-Träger ebenso wie Normalhörende klassische Musik als komplexer, d.h. schwerer verständlich ein, im Vergleich zu Folkmusik oder Popmusik. Die komplexere Musik wurde von CI-Trägern aber deutlich negativer bewertet als von den Normalhörenden, außerdem wurden die Hörbeispiele auch aus den Bereichen Folkmusik und Popmusik von CI-Trägern als komplexer eingestuft als von Normalhörenden. In einer Folgestudie wiesen Gfeller et al. [2005] nach, dass auch die Melodieerkennung bekannter Melodien bei CI-Trägern von Folkmusik über Popmusik zu klassischer Musik hin abnahm.

Allerdings zeigte sich in der eigenen Untersuchung kein signifikanter Unterschied in der erinnerten Bevorzugung von Musikstilen vor der Hörminderung und der aktuellen Bevorzugung von Musikstilen, so dass die unterschiedliche Bewertung der Komplexität nicht zu einer Anpassung des Musikgeschmackes führte.

### 4.2.1.3 Instrumente

Instrumente, die die Patienten zu erkennen angaben, waren Klavier, Pauke, Violine, Querflöte und Xylophon. Erkennungsschwierigkeiten wurden bei Viola, Piccolo, Tuba, Horn, Oboe, Cello, Trompete, Posaune, Kontrabass und Fagott berichtet. Gern hörten die Probanden überwiegend das Klavier, seltener auch Xylophon, Trompete, Pauke, Cello, Fagott und Querflöte.

Die subjektiven Angaben der befragten Patienten deckten sich nicht mit den Ergebnissen von Musikperzeptionstests. So wurde in der Studie von Gfeller et al. [2002a] von CI-Trägern das Klavier am besten erkannt. Dagegen wurde bei Nimmons et al. [2008] die Gitarre am besten, die Flöte dagegen am schlechtesten erkannt. Möglicherweise ist die subjektive Wahrnehmung der Instrumentenerkennung bei den CI-Trägern positiv verzerrt, da sie im Alltag relativ selten eine Rückmeldung über die Korrektheit der Instrumentenerkennung erhalten. Die am liebsten gehörten Instrumente stimmten in vielen Fällen nicht mit den Angaben zu den am besten erkannten Instrumenten überein. Dies steht im Einklang mit einer Befragung von Schulz und Kerber [1994]. Sie zeigten, dass CI-Träger die Qualität von Musikinstrumenten (in Skalen wie „Schönheit“, „Klarheit“, „Natürlichkeit“) insgesamt niedriger beurteilten als Normalhörende. Die Zuordnung der einzelnen Skalen zu den Instrumenten war aber in beiden Gruppen gleich. Die Autoren gingen davon aus, dass die Vorlieben für Instrumente und die Beurteilung des Klanges früh im Leben etabliert wurden und sich durch den veränderten Höreindruck nach CI-Implantation nicht änderten.

80 % der Patienten bevorzugten das Hören von Orchester oder Gruppen im Vergleich zu Soloinstrumenten. Zum Gesang bevorzugten 40 % der Probanden Gruppen und 20 % Solosänger. 90 % der Probanden konnten weibliche und männliche Gesangsstimmen unterscheiden.

Die Bevorzugung von Musikgruppen erstaunt vor dem Hintergrund der Ergebnisse objektiver Tests der Musikperzeption bei CI-Trägern, bei denen Soloinstrumente besser erkannt werden als Instrumente im Ensemble [Looi et al., 2008a]. Möglicherweise handelt es sich um einen ähnlichen Effekt wie er weiter unten für die Vorlieben hinsichtlich von Instrumentalklängen diskutiert wird. Auch bei der Vorliebe für Ensemblesmusik gegenüber Solomusik ist eine frühe Prägung vor Eintritt der Hörmindering wahrscheinlich, die sich auch unter den veränderten Hörbedingungen nach CI-Implantation nicht ändert.

4 Probanden spielten vor dem Hörverlust ein Instrument. Seit der Implantation hatten 2 Patienten ihr Instrument aufgegeben, 2 Patienten spielten seltener.

Im Gegensatz zum Musizieren auf Instrumenten waren die Angaben zum eigenen Singen nach der Implantation weniger stark zurückgegangen. 60 % der Probanden hatten vor der Hörminderung zumindest gelegentlich gesungen. Zwei Patienten, die vor der Hörminderung „oft“ gesungen hatten, gaben nach Implantation an, „manchmal“ bzw. „selten“ zu singen. Allerdings änderten sich die Anlässe bzw. Orte des Singens nach der Implantation. Beide Patienten, die vor der Hörminderung in einem Chor bzw. einer anderen Gruppe sangen, und einer von 3 Patienten, die in der Kirche sangen, hatten dies nach der Implantation aufgegeben. Häufiger waren dagegen Angaben zum Singen allein, entweder zu Hause oder im Auto. Die Häufigkeitsverteilung der Angaben vor Eintritt der Hörminderung und nach Implantation war allerdings nicht statistisch signifikant unterschiedlich. Bei der gesungenen Musikrichtung ergaben sich vor der Hörminderung und nach der Implantation wenig Änderungen.

Erstaunlich ist die Übereinstimmung des Anteils von aktiv instrumental musizierenden CI-Trägern in der eigenen Studie und in der Untersuchung von Lassaletta et al. [2008a]. In beiden Studien gaben ca. 20 % der Befragten an, aktuell noch ein Instrument zu spielen. Dagegen war die Anzahl der Befragten, die angaben, zu singen, in der eigenen Befragung mit 70 % höher als bei Lassaletta et al. [2008a] mit 34 %. Gründe hierfür können in kulturellen Unterschieden zwischen Spanien und Deutschland liegen, möglicherweise aber auch in der abweichenden Formulierung der Frage. In einer Befragung von 53 CI-Trägern in Israel ermittelten Migirov et al. [2009], dass von 13 Patienten, die vor Implantation ein Instrument spielten, nur 2 Patienten (15 %) dies nach der CI-Implantation weiterhin taten. Von den 24 Patienten, die vor Implantation gesungen hatten, sangen immerhin noch 14 Patienten und damit 58 %. Die Ergebnisse stimmten besser mit der eigenen Untersuchung überein.

### **4.3 Schlussfolgerungen**

Bei den Patienten mit CI-Implantation und erhaltenem Resthörvermögen ist der Musikgenuss nach dem subjektiven Eindruck der in der eigenen Studie befragten CI-Trägern mit CI plus HG besser als mit CI oder HG allein. Im in der eigenen Studie

durchgeführten Test des Musikhörens wurden allerdings nicht alle Aspekte der Musikerfassung durch die Kombination von CI und HG gleichermaßen gut verbessert, die Unterschiede der Hörmodalitäten waren in den meisten Aspekten eher gering. Daneben waren die interindividuellen Unterschiede sehr groß.

Auch wenn die Patienten, die CI plus HG versorgt wurden, als Gruppe in Tests des Musikhörens besser abschnitten, scheint der objektive intraindividuelle Gewinn gegenüber CI allein eher gering zu sein. Subjektiv gaben die Patienten dagegen weit überwiegend einen Vorteil von CI plus HG an. Möglicherweise könnte ein Training die Musikperzeption mit CI und HG weiter verbessern, damit die Patienten hinsichtlich des Musikhörens, das in unserer Kultur einen großen Stellenwert einnimmt, die individuell beste Lösung finden können.

## 5 Zusammenfassung

Eingeschlossen wurden 10 postlingual ertaubte Probanden, die mit Cochlea Implantat (CI) und Hörgerät (HG) versorgt waren. Es erfolgte eine objektive Testung der Musikerfassung (n = 6) und eine Befragung zum Musikhören (n = 10).

Die Rhythmusdiskrimination lag im Bereich der für Normalhörende in der Literatur angegebenen Werte. In der Frequenzdiskrimination konnten im Mittel Intervalle von  $10 \pm 7$  Vierteltonschritten erkannt werden. Im Subtest Melodiediskrimination wurde in allen Hörmodalitäten im Mittel ein Intervall von ca. acht Halbtönen erkannt, im Subtest Akkorddiskrimination zwischen 78 % und 82 % der Akkorde. Es wurden zwischen 78 % und 82 % der Instrumente identifiziert, vergleichbare Studien ergaben schlechtere Werte. In Ensembles wurden mit CI+HG im Mittel  $3,3 \pm 1,2$  Instrumente identifiziert (HG allein  $2,5 \pm 1,4$ , CI allein  $2,2 \pm 1,2$ ).

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Hörmodalitäten bestanden nicht. Tendenziell besser war das Hören mit CI und HG kombiniert bei der Akkorddiskrimination.

Im Fragebogen wurden Häufigkeit und Dauer des Musikhörens vor der Hörminderung und nach der Cochlea Implantation nicht unterschiedlich angegeben. Der Klang der Musik wurde von 80 % der Patienten als „überwiegend angenehm“ eingeschätzt. Über alle Musikrichtungen entfielen von den gültigen Angaben 28 % auf keinen bzw. geringen Genuss, 40 % auf mittleren Genuss und immerhin 32 % auf großen bzw. sehr großen Genuss. Insgesamt spielte die Musik vor der Hörminderung für 60 % der Patienten nur eine geringe bis mittlere Rolle, seit der CI für 80 %, der Unterschied war allerdings nicht statistisch signifikant.

100 % der Patienten gaben an, den Rhythmus, aber nur 50 %, die Melodie zu erkennen, was die Befunde im objektiven Test widerspiegelt. 70 % der Patienten empfanden Musik mit zusätzlichem Hörgerät als natürlicher und angenehmer. Der Ort des Musikhörens war ebenso wie der bevorzugte Musikstil vor Eintritt der Hörminderung und nach CI-Implantation nicht statistisch signifikant unterschiedlich. Seit der Implantation hatten 2 Patienten ihr Instrument aufgegeben, 2 Patienten spielten seltener. Im Gegensatz zum Musizieren auf Instrumenten waren die Angaben zum eigenen Singen nach der Implantation nicht zurückgegangen.

Auch wenn die Patienten, die mit CI plus HG versorgt wurden, als Gruppe in Tests des Musikhörens in den bisher veröffentlichten Studien besser abschnitten, scheint der objektive intraindividuelle Gewinn gegenüber CI allein eher gering zu sein. Subjektiv gaben die Patienten dagegen weit überwiegend einen Vorteil von CI plus HG an. Da Musik in vielerlei Hinsicht in unserer Kultur von großer Bedeutung ist, lohnt es sich, für die CI-Träger nicht nur eine gute Sprachkodierungsstrategie, sondern auch eine bessere Musikhörfähigkeit anzustreben.

## 6 Literaturverzeichnis

Baumann U, Nobbe A. Pitch ranking with dieeplly inserted electrode arrays. *Ear Hear* 2004; 25: 275-283

Baumann U, Nobbe A. The cochlear implant electrode-pitch function. *Hear Res* 2006; 213: 34-42

Brockmeier SJ, Grasmeder M, Passow S, Mawmann D, Vischer M, Jappel A, Baumgartner W, Stark T, Müller J, Brill S, Steffens T, Strutz J, Kiefer J, Baumann U, Arnold W. Comparison of musical activities of cochlear implant users with different speech-coding strategies. *Ear Hear* 2007; 28: 49S-51S

Cooper WB, Tobey E, Loizou PC. Music perception by cochlear implant and normal hearing listeners as measured by the Montreal Battery for Evaluation of Amusia. *Ear Hear* 2008; 29: 618-626

Dorman MF. Speech perception by adults. In: Tyler RS (Hrsg.). *Cochlear implants*. Singular Publishing Group, Inc, San Diego, 1993

Drennan WR, Rubinstein JT. Music perception in cochlear implant users and its relationship with psychological capabilities. *J Rehabil Res Dev* 2008; 45: 779-789

El Fata F, James CJ, Laborde ML, Fraysse B. How much residual hearing is 'useful' for music perception with cochlear implants? *Audiol Neurootol* 2009; 14 Suppl 1: 14-21

Feldmann H, Kumpf W. Musikhören bei Hörverlust mit und ohne Hörgerät. *Laryngol Rhinol Otol (Stuttg)* 1988; 67: 489-497

Fellbaum, K.: *Sprachverarbeitung und Sprachübertragung*. Springer-Verlag, Berlin 1984

- Filipo R, Ballantyne D, Mancini P, D'elia C. Music perception in cochlear implant recipients: comparison of findings between HiRes90 and HiRes120. *Acta Otolaryngol* 2008; 128: 378-381
- Fitzpatrick EM, Séguin C, Schramm D, Chenier J, Armstrong S. Users' experience of a cochlear implant combined with a hearing aid. *Int J Audiol* 2009; 48: 172-182
- Franks JR. Judgments of hearing aid processed music. *Ear Hear* 1982; 3: 18-23
- Futija S, Ito J. ability of nucleus cochlear implantees to recognize music. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999; 108: 634-640
- Galvin JJ 3rd, Fu QJ, Nogaki G. Melodic contour identification by cochlear implant listeners. *Ear Hear* 2007; 28: 302-319
- Galvin JJ 3rd, Fu QJ, Oba S. Effect of instrument timbre on melodic contour identification by cochlear implant users. *J Acoust Soc Am* 2008; 124: EL189-195
- Galvin JJ 3rd, Fu QJ, Oba SI. Effect of a competing instrument on melodic contour identification by cochlear implant users. *J Acoust Soc Am* 2009; 125: EL 98-103
- Gantz BJ, Turner C, Gfeller KE, Lowder MW. Preservation of hearing in cochlear implant surgery: advantages of combined electrical and acoustical speech processing. *Laryngoscope* 2005; 115: 796-802
- Gantz BJ, Turner C, Gfeller KE. Acoustic plus electric speech processing: preliminary results of a multicenter clinical trial of the Iowa/Nucleus Hybrid implant. *Audiol Neurootol* 2006; 11: S63-S68
- Gfeller K, Lansing CR. Melodic, rhythmic, and timbral perception of adult cochlear implant users. *J Speech Hear Res* 1991; 34: 916-920

- Gfeller K, Woodworth G, Robin DA, Witt S, Knutson JF. Perception of rhythmic and sequential pitch patterns by normally hearing adults and adult cochlear implant users. *Ear Hear* 1997; 18: 252-260
- Gfeller K, Knutson JF, Woodworth G, Witt S, DeBus B. Timbral recognition and appraisal by adult cochlear implant users and normal-hearing adults. *J Am Acad Audiol* 1998; 9: 1-19
- Gfeller K, Christ A, Knutson JF, Witt S, Murray KT, Tyler RS. Musical backgrounds, listening habits, and aesthetic enjoyment of adult cochlear implant recipients. *J Am Acad Audiol* 2000a; 11: 390-406
- Gfeller K, Witt S, Spencer LJ, Stordahl J, Tomblin B. Musical involvement and enjoyment of children who use cochlear implants. *The Volta Review* 2000b; 100: 213-233
- Gfeller K, Witt S, Woodworth G, Mehr MA, Knutson J. Effects of frequency, instrumental family, and cochlear implant type on timbre recognition and appraisal. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002a; 111: 349-356
- Gfeller K, Turner C, Mehr M, Woodworth G, Fearn R, Knutson JF, Witt S, Stordahl J. Recognition of familiar melodies by adult cochlear implant recipients and normal-hearing adults. *Cochlear Implants International* 2002b; 3: 29-53
- Gfeller K, Christ A, Knutson J, Witt S, Mehr M. The effects of familiarity and complexity on appraisal of complex songs by cochlear implant recipients and normal hearing adults. *J Music Ther* 2003; 40: 78-112
- Gfeller K, Olszewski C, Rychener M, Sena K, Knutson JF, Witt S, Macpherson B. Recognition of "real-world" musical excerpts by cochlear implant recipients and normal-hearing adults. *Ear Hear* 2005; 26: 237-250
- Gfeller KE, Olszewski C, Turner C, Gantz B, Oleson J. Music perception with cochlear implants and residual hearing. *Audiol Neurootol* 2006; 11: S12-S15

- Gfeller K, Turner C, Oleson J, Zhang X, Gantz B, Froman R, Olszewski C. Accuracy of cochlear implant recipients on pitch perception, melody recognition, and speech reception in noise. *Ear Hear* 2007; 28: 412-423
- Gordon EE. Primary measures of music audition. G.I.A. Publications, Chicago 1979
- Grey JM. Multidimensional perceptual scaling of musical timbre. *J Acoust Soc Am* 1977; 61: 1270-1277
- Haumann S, Mühler R, Ziese M, von Specht H. Diskrimination musikalischer Tonhöhen bei Patienten mit Kochleaimplantat. *HNO* 2007; 55: 613-619
- Kang R, Nimmons GL, Drennan W, Longnion J, Ruffin C, Nie K, Won JH, Worman T, Yueh B, Rubinstein J. Development and validation of the University of Washington Clinical Assessment of Music Perception test. *Ear Hear* 2009; 30: 411-418
- Kong YY, Cruz R, Jones JA, Zeng FG. Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing. *Ear Hear* 2004; 25: 173-185
- Kong YY, Stickney GS, Zeng FG. Speech and melody recognition in binaurally combined acoustic and electric hearing. *J Acoust Soc Am* 2005; 117: 1351-1361
- Laneau J, Wouters J, Moonen M. Relative contributions of temporal and place pitch cues to fundamental frequency discrimination in cochlear implantees. *J Acoust Soc Am* 2004; 116: 3606-3619
- Lassaletta L, Castro A, Bastarrica M, Pérez-Mora R, Madero R, De Sarriá J, Gavilán J. Does music perception have an impact on quality of life following cochlear implantation? *Acta Otolaryngol* 2007; 127: 682-686
- Lassaletta L, Castro A, Bastarrica M, Pérez-Mora R, Herrán B, Sanz L, de Sarriá MJ, Gavilán J. Changes in listening habits and quality of musical sound after cochlear implantation. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2008a; 138: 363-367

Lassaletta L, Castro A, Bastarrica M, Pérez-Mora R, Herrán B, Sanz L, de Sarriá MJ, Gavilán J. [Musical perception and enjoyment in post-lingual patients with cochlear implants.] [Article in Spanish] *Acta Otorrinolaringol Esp* 2008b; 59: 228-234

Leal MC, Shin YJ, Laborde ML, Calmels MN, Verges S, Lugarдон S, Andrieu S, Deguine O, Fraysse B. Music perception in adult cochlear implant recipients. *Acta Otolaryngol* 2003; 123: 826-835

Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. *J Acoust Soc Am* 1971; 49: 467-477

Limb CJ. Cochlear implant-mediated perception of music. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2006; 14: 337-340

Loeb GE. Are cochlear implant patients suffering from perceptual dissonance. *Ear Hear* 2005; 26: 435-450

Looi V, McDermott H, McKay C, Hickson L. Comparisons of quality ratings for music by cochlear implant and hearing aid users. *Ear Hear* 2007; 28: 59S-61S

Looi V, McDermott H, McKay C, Hickson L. Music perception of cochlear implant users compared with that of hearing aid users. *Ear Hear* 2008a; 29: 421-434

Looi V, McDermott H, McKay C, Hickson L. The effect of cochlear implantation on music perception by adults with usable pre-operative acoustic hearing. *Int J Audiol.* 2008b; 47: 257-268

McDermott, H. Music perception with cochlear implants: a review. *Trends Amplif* 2004; 8: 49-82

McDermott, H, McKay CM. Musical pitch perception with electrical stimulation of the cochlea. *J Acoust Soc Am* 1997; 101: 1622-1631

- McKay CM, McDermott HJ, Carlyon RP: Place and temporal cues in pitch perception: Are they truly independent? *Acoust Res Lett Online* 2000; 1: 25-30
- Migirov L, Kronenberg J, Henkin Y. Self-reported listening habits and enjoyment of music among adult cochlear implant recipients. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2009; 118: 350-355
- Mirza S, Douglas S, Lindsey P, Hildreth T, Hawthorne M. Appreciation of music in adult patients with cochlear implants: a patient questionnaire. *Cochlear Implants Int* 2003; 4: 85-95
- Mitani C, Nakata T, Trehub SE, Kanda Y, Kumagami H, Takasaki K, Miyamoto I, Takahashi H. Music recognition, music listening, and word recognition by deaf children with cochlear implants. *Ear Hear* 2007; 28: 29S-33S
- Nimmons GL, Kang RS, Drennan WR, Longnion J, Ruffin C, Worman T, Yueh B, Rubenstien JT. Clinical assessment of music perception in cochlear implant listeners. *Otol Neurotol* 2008; 29: 149-155
- Oxenham AJ, Bernstein JG, Penagos H. Correct tonotopic representation is necessary for complex pitch perception. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2004; 101: 1421-1425
- Peretz I, Champod AS, Hyde K. Varieties of musical disorders. The Montreal Battery of Evaluation of Amusia. *Ann N Y Acad Sci* 2003; 999: 58-75
- Pijl S. Labeling of musical interval size by cochlear implant patients and normally hearing subjects. *Ear Hear* 1997; 18: 364-372
- Pijl S, Schwarz DW. Melody recognition and musical interval perception by deaf subjects stimulated with electrical pulse trains through single cochlear implant electrodes. *J Acoust Soc Am* 1995a; 98: 886-895

- Pijl S, Schwarz DW. Intonation of musical intervals by deaf subjects stimulated with single bipolar cochlear implant electrodes. *Hear Res* 1995b; 89: 203-211
- Pratt RL, Doak PE. A subjective rating scale for timbre. *J Sound Vibration* 1974; 45: 317-328
- Pressnitzer D, Bestel J, Fraysse B. Music to electric ears: pitch and timbre perception by cochlear implant patients. *Ann N Y Acad Sci* 2005; 1060: 343-345
- Schulz E, Kerber M. Music perception with the MED-EL implants. In: Hochmair-Desoyer IJ, Hochmair ES (Hrsg.). *Advances in cochlear implants*. Verlag Manz, Wien 1994
- Shannon RV, Fu QJ, Galvin J 3rd. The number of spectral channels required for speech recognition depends on the difficulty of the listening situation. *Acta Otolaryngol Suppl* 2004; 552: 50-54
- Smith ZM, Delgutte B, Oxenham AJ. Chimaeric sounds reveal dichotomies in auditory perception. *Nature* 2002; 416: 87-90
- Szelag E, Kolodziejczyk I, Kanabus M, Szuchnik J, Senderski A. Deficits of non-verbal auditory perception in postlingually deaf humans using cochlear implants. *Neurosci Lett* 2004; 355: 49-52
- Vandali AE, Sucher C, Tsang DJ, McKay CM, Chew JW, McDermott HJ. Pitch ranking ability of cochlear implant recipients: a comparison of sound-processing strategies. *J Acoust Soc Am* 2005; 117: 3126-3138
- Yucel E, Sennaroglu G, Belgin E. The family oriented musical training for children with cochlear implants: speech and musical perception results of two year follow-up. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2009; 73: 1043-1052
- Zeng FG. Trends in cochlear implants. *Trends Amplif* 2004; 8: 1-34

## 7 Anhang

### 7.1 Abkürzungsverzeichnis

CAMP	Clinical Assessment of Music Perception
CI	Cochlea Implantat
CI+HG	Kombinierte Nutzung von Cochlea Implantat und Hörgerät
ClbimoMUC	Studienbezeichnung der hier vorgestellten Studie, der Fallnummer 1-12 vorangestellt
HG	Hörgerät
Hg	Hörgenuß
Hg natürlich	Mit zusätzlichem Hörgerät natürlicher als nur mit Cochlea Implantat
Hg angenehm	Mit zusätzlichem Hörgerät angenehmer als nur mit Cochlea Implantat
Hg besser	Mit zusätzlichem Hörgerät besser als nur mit Cochlea Implantat
MBEA	Montreal Battery for Evaluation of Amusia
MCI	Melodic Contour Identification
MhDVH	Durchschnittliche Dauer des Musikhörens vor Hörminderung (Frage 2)
MhDSC	Durchschnittliche Dauer des Musikhörens nach Implantation des Cochlea Implantates (Frage 2)
MhSC	Häufigkeit des Musikhörens nach Implantation des Cochlea Implantates (Frage 1)
MhVH	Häufigkeit des Musikhörens vor der Hörminderung (Frage 1)
Mhwie	Art des Musikhörens nach Implantation des Cochlea Implantates (Frage 5)

MUMU	Munich Music Questionnaire
MuRONCI	Bedeutung der Musik vor der Hörminderung (Frage 23)
MuROVH	Bedeutung der Musik nach Implantation des Cochlea Implantates (Frage 23)
PMMA	Primary measures of music audition
SHNCI	Häufigkeit eigenen Singens nach Implantation des Cochlea Implantates (Frage 19)
SiHVVH	Häufigkeit eigenen Singens vor der Hörminderung (Frage 19)

## 7.2 **Abbildungsverzeichnis**

ABBILDUNG 1: HÖRFELD VON SPRACHE UND MUSIK [FELLBAUM, 1984], TYPISCHER FREQUENZ- (HZ) UND LAUTSTÄRKENBEREICH (DB).....	4
ABBILDUNG 2: AUSWERTUNG DES RESTHÖRVERMÖGENS IM TONAUDIOGRAMM (HÖRMINDERUNG IN DB FÜR DIE EINZELNEN FREQUENZEN IN HZ).....	16
ABBILDUNG 3: RHYTHMUSDISKRIMINATION (ANTEIL KORREKTER ERGEBNISSE) BEI NUTZUNG NUR DES COCHLEA IMPLANTATES (CI), NUR DES HÖRGERÄTES (HG) UND KOMBINIERTER NUTZUNG VON COCHLEA IMPLANTAT UND HÖRGERÄT (CI+HG).....	18
ABBILDUNG 4: FREQUENZDISKRIMINATION BEI NUTZUNG NUR DES COCHLEA IMPLANTATES (CI), NUR DES HÖRGERÄTES (HG) UND KOMBINIERTER NUTZUNG VON COCHLEA IMPLANTAT UND HÖRGERÄT (CI+HG).....	19
ABBILDUNG 5: MELODIEDISKRIMINATION BEI NUTZUNG NUR DES COCHLEA IMPLANTATES (CI), NUR DES HÖRGERÄTES (HG) UND KOMBINIERTER NUTZUNG VON COCHLEA IMPLANTAT UND HÖRGERÄT (CI+HG). BEDEUTUNG DER Y-ACHSE: 0 = INTERVALLE VON 2 OKTAVEN WERDEN NICHT ERKANNT, KLEINSTE ERKANNTA INTERVALLE: 1 = 2 OKTAVEN, 2 = 1 ½ OKTAVEN, 3 = 1 OKTAVE, 4 = 8 HALBTÖNE, 5 = 4 HALBTÖNE, 6 = 2 HALBTÖNE, 7 = 1 HALBTON.....	21
ABBILDUNG 6: AKKORDDISKRIMINATION BEI NUTZUNG NUR DES COCHLEA IMPLANTATES (CI), NUR DES HÖRGERÄTES (HG) UND KOMBINIERTER NUTZUNG VON COCHLEA IMPLANTAT UND HÖRGERÄT (CI+HG).....	23
ABBILDUNG 7: INSTRUMENTENIDENTIFIKATION BEI NUTZUNG NUR DES COCHLEA IMPLANTATES (CI), NUR DES HÖRGERÄTES (HG) UND KOMBINIERTER NUTZUNG VON COCHLEA IMPLANTAT UND HÖRGERÄT (CI+HG).....	24
ABBILDUNG 8: INSTRUMENTENDETEKTION BEI NUTZUNG NUR DES COCHLEA IMPLANTATES (CI), NUR DES HÖRGERÄTES (HG) UND KOMBINIERTER NUTZUNG VON COCHLEA IMPLANTAT UND HÖRGERÄT (CI+HG).....	25
ABBILDUNG 9: DISSONANZ-/KONSONANZBEURTEILUNG BEI NUTZUNG NUR DES COCHLEA IMPLANTATES (CI), NUR DES HÖRGERÄTES (HG) UND KOMBINIERTER NUTZUNG VON COCHLEA IMPLANTAT UND HÖRGERÄT (CI+HG).....	27
ABBILDUNG 10: BEURTEILUNG DER EMOTIONALITÄT BEI NUTZUNG NUR DES COCHLEA IMPLANTATES (CI), NUR DES HÖRGERÄTES (HG) UND KOMBINIERTER NUTZUNG VON COCHLEA IMPLANTAT UND HÖRGERÄT (CI+HG). DIE BEURTEILUNG DER EMOTIONALITÄT WAR MIT COCHLEA IMPLANTAT ALLEIN TENDENZIELL BESSER ALS MIT HÖRGERÄT ALLEIN. .....	28
ABBILDUNG 11: ANGABEN ZUR FRAGE 1 (HÄUFIGKEIT DES MUSIKHÖRENS) VOR HÖRMINDERUNG (VARIABLE MHVH).....	31
ABBILDUNG 12: ANGABEN ZUR FRAGE 1 (HÄUFIGKEIT DES MUSIKHÖRENS) NACH IMPLANTATION DES COCHLEA IMPLANTATES (VARIABLE MHSC).....	31

ABBILDUNG 13: ANGABEN ZUR FRAGE 2 (DURCHSCHNITTLICHE DAUER DES MUSIKHÖRENS) VOR HÖRMINDERUNG (VARIABLE MHDVH) .....	32
ABBILDUNG 14: ANGABEN ZUR FRAGE 2 (DURCHSCHNITTLICHE DAUER DES MUSIKHÖRENS) NACH IMPLANTATION DES COCHLEA IMPLANTATES (VARIABLE MHDSC).....	32
ABBILDUNG 15: ANGABEN ZUR FRAGE 5 (ART DES MUSIKHÖRENS) NACH IMPLANTATION DES COCHLEA IMPLANTATES (VARIABLE MHWIE).....	34
ABBILDUNG 16: ANGABEN ZUR FRAGE 7 (BEGINN DES MUSIKHÖRENS) NACH IMPLANTATION DES COCHLEA IMPLANTATES (CI) .....	36
ABBILDUNG 17: ANGABEN ZUR FRAGE 8 (VORLIEBEN DER INSTRUMENTIERUNG).....	37
ABBILDUNG 18: ANGABEN ZUR FRAGE 9 (HÖRBARKEIT VON MUSIKELEMENTEN) .....	38
ABBILDUNG 19: ANGABEN ZUR FRAGE 15 (SPIELEN EINES INSTRUMENTES) IN DER KINDHEIT (15.0), VOR DER HÖRMINDERUNG (15.1) UND NACH DER IMPLANTATION EINES COCHLEA IMPLANTATES (15.2).....	45
ABBILDUNG 20: ANGABEN ZUR FRAGE 17 (PRÄFERENZ BEI GESANG). .....	46
ABBILDUNG 21: ANGABEN ZUR FRAGE 19 (EIGENES SINGEN) VOR DER HÖRMINDERUNG (19.1) UND NACH DER IMPLANTATION EINES COCHLEA IMPLANTATES (19.2) (VARIABLEN SiHVH UND SHNCI). .....	46
ABBILDUNG 22: ANGABEN ZUR FRAGE 23 (BEDEUTUNG DER MUSIK) VOR DER HÖRMINDERUNG (23.1) UND NACH DER IMPLANTATION EINES COCHLEA IMPLANTATES (23.2) (VARIABLEN MUROVH UND MURONCI). DIE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG WAR NICHT STATISTISCH SIGNIFIKANT UNTERSCHIEDLICH (CHI-QUADRAT-TEST, $p = 0,23$ ).....	49
ABBILDUNG 23: ANGABEN ZUR FRAGE 25 (QUALITÄT DER MUSIK MIT ZUSÄTZLICHEM HÖRGERÄT GEGENÜBER COCHLEA IMPLANTAT ALLEIN) ABKÜRZUNGEN: HGNATÜR=NATÜRLICHER, HGANGENEHM= ANGENEHMER, HGBESSER=BESSER.....	51
ABBILDUNG 24: EINGANGSFENSTER ZUM MU.S.I.C. TEST .....	93
ABBILDUNG 25: AUSWAHL EINES TESTES.....	94
ABBILDUNG 26: KONFIGURATIONSFENSTER .....	95
ABBILDUNG 27: FENSTER ZUR INDIVIDUELLEN LAUTSTÄRKEANPASSUNG .....	98
ABBILDUNG 28: FENSTER ZUR AUSWAHL UND EINGABE VON PROBANDEN.....	99

### 7.3 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: IM TESTTEIL „FREQUENZDISKRIMINATION“ VERWENDETE INSTRUMENTE MIT DEM ZUGEHÖRIGEN TONUMFANG.....	8
TABELLE 2: MELODIEERKENNUNG, ERGEBNISKATEGORIEN UND ZUGEHÖRIGE CODES .....	10
TABELLE 3: ÜBERBLICK ÜBER DIE IN DER MU.S.I.C STUDIE VERWENDETEN COCHLEA IMPLANTAT-SYSTEME.....	13
TABELLE 4: ÜBERSICHT ÜBER DIE VON DEN PATIENTEN VERWENDETEN HÖRGERÄTE .....	14
TABELLE 5: ANGABEN ZU FRAGE 3 (QUALITÄT DES MUSIKHÖRENS) BEZOGEN AUF DIE VON DEN PROBANDEN VERWENDETEN HÖRGERÄTE.....	33
TABELLE 6: ANGABEN ZU FRAGE 6 (GRÜNDE DES MUSIKHÖRENS).....	35
TABELLE 7: ANGABEN ZU FRAGE 10 (ERKENNEN VON INSTRUMENTEN).....	39
TABELLE 8: ANGABEN ZU FRAGE 11 (GENUSS VON INSTRUMENTEN). .....	40
TABELLE 9: ANGABEN ZU FRAGE 12 (ORT DES MUSIKHÖRENS) VOR EINTRITT DER HÖRMINDERUNG UND NACH IMPLANTATION DES COCHLEA IMPLANTATES. DIE HÄUFIGKEITSVERTEILUNGEN WAREN NICHT STATISTISCH SIGNIFIKANT UNTERSCHIEDLICH (CHI-QUADRAT-TEST, JEWEILS $p > 0,05$ ).....	41
TABELLE 10: ANGABEN ZU FRAGE 13 (GEHÖRTE MUSIKRICHTUNGEN) VOR EINTRITT DER HÖRMINDERUNG UND NACH IMPLANTATION DES COCHLEA IMPLANTATES. DIE HÄUFIGKEITSVERTEILUNGEN WAREN NICHT STATISTISCH SIGNIFIKANT UNTERSCHIEDLICH (CHI-QUADRAT-TEST, JEWEILS $p > 0,05$ ).....	42
TABELLE 11: ANGABEN ZU FRAGE 14 (AKTUELLER GENUSS BEIM ANHÖREN DER VERSCHIEDENEN MUSIKRICHTUNGEN) IN PROZENT.....	43
TABELLE 12: ANGABEN ZU FRAGE 16 (GESPIELTES INSTRUMENT) IN DER KINDHEIT, VOR DER HÖRMINDERUNG UND NACH DER IMPLANTATION. NICHT ANGEGEBEN WURDEN DIE ZUSÄTZLICH ANGEBOTENEN INSTRUMENTE QUERFLÖTE, TROMPETE, KLARINETTE, AKKORDEON, GEIGE, SCHLAGZEUG. ....	44
TABELLE 13: ANGABEN ZU FRAGE 20 (ORT DES SINGENS) VOR DER HÖRMINDERUNG UND NACH DER IMPLANTATION. ....	47
TABELLE 14: ANGABEN ZU FRAGE 21 (GESUNGENE MUSIKRICHTUNG) VOR DER HÖRMINDERUNG UND NACH DER IMPLANTATION.....	48
TABELLE 15: VERGLEICH DER HÖRPHYSIOLOGIE MIT CI, HG UND CI+HG .....	101
TABELLE 16: AUSWERTUNG KORRELATION UND SIGNIFIKANZ CI (X1) UND HG (Y1). ....	102
TABELLE 17: AUSWERTUNG KORRELATION UND SIGNIFIKANZ HG (Y1) UND CI+HG (Z1).....	103

TABELLE 18: AUSWERTUNG KORRELATION UND SIGNIFIKANZ CI ( $X_i$ ) UND CI+HG ( $Z_i$ )..... 104

TABELLE 19: AUSWERTUNG RESTHÖRVERMÖGEN ..... 105

## 7.4 Münchner Musik Fragebogen

### MUMU (Muenchner Musik) – Fragebogen

#### Zum Erfassen von Musikhörgewohnheiten postlingual ertaubter Patienten

nach Cochlea Implantation  
Zusatz zum Musikhörtest

Name:

Datum:

Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Antworten an.

#### 1. Wie häufig haben Sie Musik gehört oder hören Sie Musik?

- |   | nie                      | selten                   | manch-<br>mal            | oft                      | sehr<br>oft              |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1.1. Wie viel Musik haben Sie <u>vor der Hörminderung</u> gehört?   | <input type="checkbox"/> |
| 1.2. Wie häufig hören Sie jetzt <u>nach der Implantation</u> Musik? | <input type="checkbox"/> |

#### 2. Wenn Sie Musik hören oder gehört haben, kreuzen Sie bitte an, wie lange Sie jeweils zugehört haben.

- |                                     | weniger als 30<br>Minuten | 30 Minuten -<br>1 Stunde | 1 Stunde -<br>2 Stunden  | länger als<br>2 Stunden  |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2.1. <u>vor der Hörminderung</u> ?  | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.2. <u>seit der Implantation</u> ? | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

#### 3. Wie klingt Musik im allgemeinen mit dem Cochlea Implantat?

- |                       |                             |                               |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| überwiegend natürlich | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| überwiegend angenehm  | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |

#### 4. Speisen Sie Musik normalerweise direkt in den Sprachprozessor ein?

- ja  nein

#### 5. Wie hören Sie Musik?

- im Hintergrund  konzentriert/ ohne Ablenkung  beides

**6. Warum hören Sie Musik? (Mehrfachnennungen sind möglich)**

- um mich zu erfreuen  um mich wach zu halten  als Entspannung   
um meine Stimmung zu beeinflussen  um zu tanzen   
zur emotionalen Befriedigung  aus beruflichen Gründen

**7. Wenn Sie mit CI Musik hören, wann haben Sie nach der Implantation angefangen, regelmäßig Musik zu hören?**

- unmittelbar nach der ersten Anpassung  nach 1 Woche  nach 1 Monat   
nach 3 Monaten  nach 6 Monaten  nach 1 Jahr  nach 2 Jahren   
später

**8. Hören Sie bevorzugt Soloinstrumente oder Orchester/Gruppen?**

- Soloinstrumente  Orchester  keine Präferenz

**9. Wenn Sie Musik hören, welche Elemente der Musik können Sie hören?**

- |   |                             |                               |
|---|-----------------------------|-------------------------------|
| ausschließlich unangenehme Geräusche          | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| angenehme Töne, aber keine Melodie            | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| Rhythmus                                      | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| Melodie                                       | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| Können Sie hohe und tiefe Töne unterscheiden? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |

**10. Welche Instrumente können Sie gut erkennen (Mehrfachnennungen sind möglich)?**

- |                                  |                                   |                                    |                                     |                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Violine <input type="checkbox"/> | Viola <input type="checkbox"/>    | Querflöte <input type="checkbox"/> | Piccolo <input type="checkbox"/>    | Trompete <input type="checkbox"/> |
| Tuba <input type="checkbox"/>    | Pauke <input type="checkbox"/>    | Klavier <input type="checkbox"/>   | Horn <input type="checkbox"/>       | Oboe <input type="checkbox"/>     |
| Cello <input type="checkbox"/>   | Xylophon <input type="checkbox"/> | Posaune <input type="checkbox"/>   | Kontrabass <input type="checkbox"/> | Fagott <input type="checkbox"/>   |

**11. Welche Instrumente hören Sie gerne (Mehrfachnennungen sind möglich)?**

- |                                  |                                   |                                    |                                     |                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Violine <input type="checkbox"/> | Viola <input type="checkbox"/>    | Querflöte <input type="checkbox"/> | Piccolo <input type="checkbox"/>    | Trompete <input type="checkbox"/> |
| Tuba <input type="checkbox"/>    | Pauke <input type="checkbox"/>    | Klavier <input type="checkbox"/>   | Horn <input type="checkbox"/>       | Oboe <input type="checkbox"/>     |
| Cello <input type="checkbox"/>   | Xylophon <input type="checkbox"/> | Posaune <input type="checkbox"/>   | Kontrabass <input type="checkbox"/> | Fagott <input type="checkbox"/>   |

**12. Wo haben Sie Musik gehört oder hören Sie Musik (Mehrfachnennungen sind möglich)?**

12.1. in der Zeit vor Eintritt der Hörminderung?

- |  |   |                                      |   |
|--|---|--------------------------------------|---|
| im Radio zu Hause <input type="checkbox"/> | im Radio im Auto <input type="checkbox"/> | Fernseher <input type="checkbox"/>   | Schallplatte/CD/MC <input type="checkbox"/> |
| im Konzert <input type="checkbox"/>        | in der Kirche <input type="checkbox"/>    | in der Oper <input type="checkbox"/> | Hausmusik <input type="checkbox"/>          |

12.2. Wo hören Sie jetzt nach der Implantation Musik?

- im Radio zu Hause  im Radio im Auto  Fernseher  Schallplatte/CD/MC   
 im Konzert  in der Kirche  in der Oper  Hausmusik

**13. Welche Musikrichtungen hören Sie/ haben Sie gehört (Mehrfachnennungen sind möglich)?**

13.1. in der Zeit kurz vor Eintritt der Hörminderung?

- klassische Musik  geistliche Musik  Volksmusik  Schlager   
 Oper/Operette  Pop/Rock  Jazz/Blues  Techno

13.2. jetzt, nach der Implantation?

- klassische Musik  geistliche Musik  Volksmusik  Schlager   
 Oper/Operette  Pop/Rock  Jazz/Blues  Techno

**14. Wie hoch würden Sie den aktuellen Genuß beim Anhören verschiedener Musik einschätzen?**

	kein Genuß	geringer Genuß	mittlerer Genuß	großer Genuß	sehr großer Genuß
Klassik	<input type="checkbox"/>				
geistliche Musik	<input type="checkbox"/>				
Volksmusik	<input type="checkbox"/>				
Schlager	<input type="checkbox"/>				
Oper/Operette	<input type="checkbox"/>				
Rock/Pop	<input type="checkbox"/>				
Jazz/Blues	<input type="checkbox"/>				
Techno	<input type="checkbox"/>				

**15. Spielen Sie ein Instrument oder haben Sie ein Instrument gespielt?**

	nie	selten	manchmal	oft	sehr oft
15.0. <u>In der Kindheit</u>	<input type="checkbox"/>				
15.1. <u>vor der Hörminderung?</u>	<input type="checkbox"/>				
15.2. <u>seit der Implantation?</u>	<input type="checkbox"/>				

Wenn Sie kein Instrument spielen oder gespielt haben, fahren Sie bitte mit Frage 17 fort.

## 16. Welche Instrumente haben Sie gespielt oder spielen Sie jetzt?

### 16.0. in der Kindheit?

Blockflöte	<input type="checkbox"/>	Querflöte	<input type="checkbox"/>	Trompete	<input type="checkbox"/>	Klarinette	<input type="checkbox"/>
Klavier	<input type="checkbox"/>	Keyboard	<input type="checkbox"/>	Akkordeon	<input type="checkbox"/>	Gitarre	<input type="checkbox"/>
Geige	<input type="checkbox"/>	Schlagzeug	<input type="checkbox"/>				
anderes Saiteninstrument	<input type="checkbox"/>			anderes Blasinstrument	<input type="checkbox"/>		
anderes Tasteninstrument	<input type="checkbox"/>			nicht genanntes Instrument	<input type="checkbox"/>		

### 16.1. vor der Hörminderung?

Blockflöte	<input type="checkbox"/>	Querflöte	<input type="checkbox"/>	Trompete	<input type="checkbox"/>	Klarinette	<input type="checkbox"/>
Klavier	<input type="checkbox"/>	Keyboard	<input type="checkbox"/>	Akkordeon	<input type="checkbox"/>	Gitarre	<input type="checkbox"/>
Geige	<input type="checkbox"/>	Schlagzeug	<input type="checkbox"/>				
anderes Saiteninstrument	<input type="checkbox"/>			anderes Blasinstrument	<input type="checkbox"/>		
anderes Tasteninstrument	<input type="checkbox"/>			nicht genanntes Instrument	<input type="checkbox"/>		

### 16.2. nach der Implantation?

Blockflöte	<input type="checkbox"/>	Querflöte	<input type="checkbox"/>	Trompete	<input type="checkbox"/>	Klarinette	<input type="checkbox"/>
Klavier	<input type="checkbox"/>	Keyboard	<input type="checkbox"/>	Akkordeon	<input type="checkbox"/>	Gitarre	<input type="checkbox"/>
Geige	<input type="checkbox"/>	Schlagzeug	<input type="checkbox"/>				
anderes Saiteninstrument	<input type="checkbox"/>			anderes Blasinstrument	<input type="checkbox"/>		
anderes Tasteninstrument	<input type="checkbox"/>			nicht genanntes Instrument	<input type="checkbox"/>		

## 17. Bevorzugen Sie Solosänger oder Gruppen?

Solosänger       Gruppen       keine Präferenz

## 18. Können Sie zwischen weiblichen und männlichen Stimmen unterscheiden?

ja       nein

## 19. Haben Sie gesungen oder singen Sie?

	nie	selten	manchmal	oft	sehr oft
19.1. <u>vor der Hörminderung?</u>	<input type="checkbox"/>				
19.2. <u>jetzt, nach der Implantation?</u>	<input type="checkbox"/>				

Wenn Sie nicht singen oder gesungen haben, fahren Sie bitte mit Frage 22 fort

**20. Wenn Sie gesungen haben/ singen, kreuzen Sie bitte an, wo Sie singen oder gesungen haben.**

20.1. Wo haben Sie vor der Hörminderung gesungen?

Chor  andere Gruppe  zu Hause für sich  im Freundeskreis   
 im Auto  in der Kirche  beim Wandern

20.2. Wo singen Sie jetzt, nach der Implantation?

Chor  andere Gruppe  zu Hause für sich  im Freundeskreis   
 im Auto  in der Kirche  beim Wandern

**21. Wenn Sie gesungen haben/singen, kreuzen Sie bitte an, was Sie singen oder gesungen haben.**

21.1. Was haben Sie vor Ihrer Hörminderung gesungen?

Volkslieder  klassische Lieder  Weihnachtslieder  Kinderlieder   
 Kirchenmusik  Oper/Operette  Jazz/Blues  Schlager   
 Pop/Rock

21.2. Was singen Sie jetzt, nach der Implantation?

Volkslieder  klassische Lieder  Weihnachtslieder  Kinderlieder   
 Kirchenmusik  Oper/Operette  Jazz/Blues  Schlager   
 Pop/Rock

**22. Haben Sie außerhalb der Schule Musikunterricht (Instrument oder Gesang) erhalten?**

22.1 ja  nein

Falls Sie diese Frage mit "nein" beantwortet haben, fahren Sie bitte mit Frage 23 fort.

22.2. Wie lange haben Sie Musikunterricht außerhalb der Schule erhalten?

weniger als 3 Jahre  mehr als 3 Jahre

**23. Was für eine Rolle spielt/spielte Musik für Sie?**

	keine Rolle	geringe Rolle	mittlere Rolle	große Rolle	sehr große Rolle
23.1. <u>vor Ihrer Hörminderung</u> ?	<input type="checkbox"/>				
23.2. <u>seit Ihrer Cochlea Implantation</u> ?	<input type="checkbox"/>				

**24. Tragen Sie zusätzlich zum Implantat ein Hörgerät?**

ja       nein

Falls Sie kein Hörgerät tragen, fahren Sie bitte mit Frage 26 fort.

auf dem gleichen Ohr wie das Implantat       auf dem anderen Ohr       beidseits

**25. Falls Sie ein Hörgerät zusätzlich tragen, wie hört sich Musik mit Implantat + Hörgerät im Vergleich zum Cochlea Implantat alleine an?**

natürlicher	<input type="checkbox"/>	unnatürlicher	<input type="checkbox"/>	kein Unterschied	<input type="checkbox"/>
angenehmer	<input type="checkbox"/>	unangenehmer	<input type="checkbox"/>	kein Unterschied	<input type="checkbox"/>
besser	<input type="checkbox"/>	schlechter	<input type="checkbox"/>	gleich	<input type="checkbox"/>

**31. Können Sie mit dem CI telefonieren?**      ja       nein

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

## 7.5 HG-Erfassungsbogen



Hals-Nasen-Ohrenklinik  
und Poliklinik  
der Technischen  
Universität  
München

### Hörgeräteerfassung für Mu.S.I.C Studie

Patient:

Kodierung:

---

Hörgerät:

Kanalanzahl:

Signalverarbeitung: digital/analog

Ohrpassstück: offen/geschlossen

Letzte Anpassung:

Name Akustiker

Adresse Akustiker

Telnr. Akustiker

## **7.6 Software Mu.S.I.C. Test**

Die Software ist auf C-Basis programmiert und wird über Fenster dargeboten, die den derzeit gängigen Programmoberflächen entsprechen.

Im folgenden werden die einzelnen Fenster, die zur Bedienung der Software notwendig sind, in der Reihenfolge ihres Erscheinens beschrieben.

Die Probanden sind aufgefordert, die Antworten durch Mausklick auf einer Schaltfläche zu geben.

Es erscheint zunächst das Eingangsfenster.

### **Password**

Das Öffnungsfenster enthält ein Passwort, das eingegeben werden muss, bevor der Test gestartet werden kann. Es gibt zwei Ebenen der Zugangsberechtigung: Das Passwort der unteren Ebenen erlaubt die Nutzung aller Module jedoch nur in einer vorgegebenen Konfiguration. Das Passwort der oberen Ebene erlaubt, dass alle vorhandenen Musikdateien genutzt werden und auch neue eingefügt werden. Dieses Passwort steht nur der Studienleitung sowie den Programmierern (Denis und Heather Fitzgerald) zur Verfügung.

### **Ort**

Auf der CD, die einem Studienzentrum zur Verfügung gestellt wird, ist der Ort einprogrammiert. Er kann nicht geändert werden. Falls ein Tester an verschiedenen Zentren Probanden testet, sollte ein Kürzel, das die Identifizierung des Herkunftszentrums des Probanden ermöglicht, in die Probandenkennung mit einfließen.

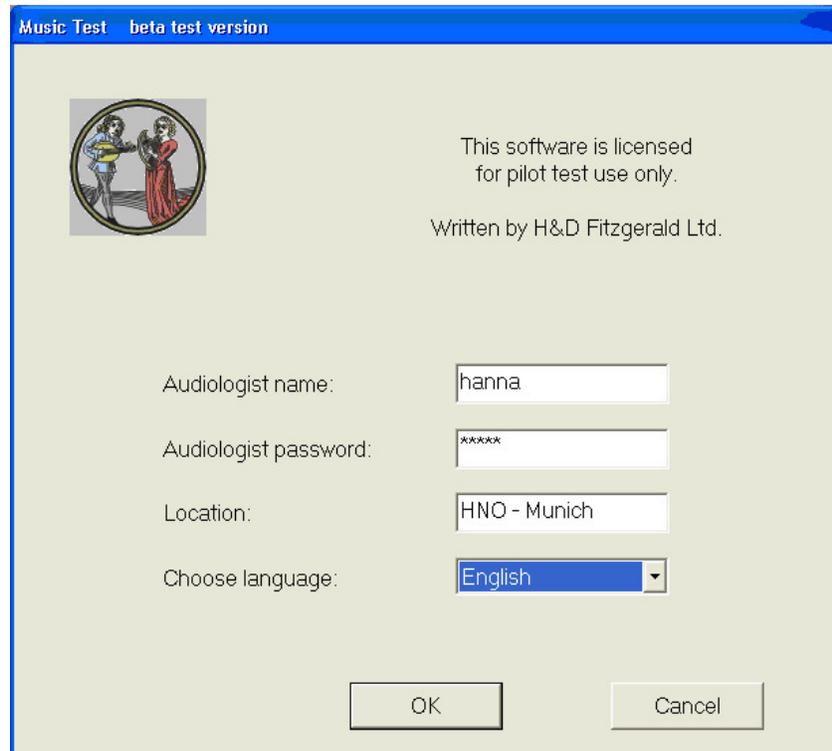
Name des Audiologen

Der Name der Person, die den Test durchführt, wird unter den Ergebnissen gespeichert.

### **Sprache**

In dem Pull-down-Menue können derzeit die Sprachen Englisch und Deutsch eingestellt werden. Es ist ohne weiteres möglich, in zukünftigen Versionen der Software weitere Sprachen hinzuzufügen. Die Einstellung der Sprache bezieht sich lediglich auf die von Probanden zu lesenden und zu bedienenden Elemente, wobei wir uns soweit möglich auf Schaltflächen mit Piktogrammen beschränkt haben. Die Anwei-

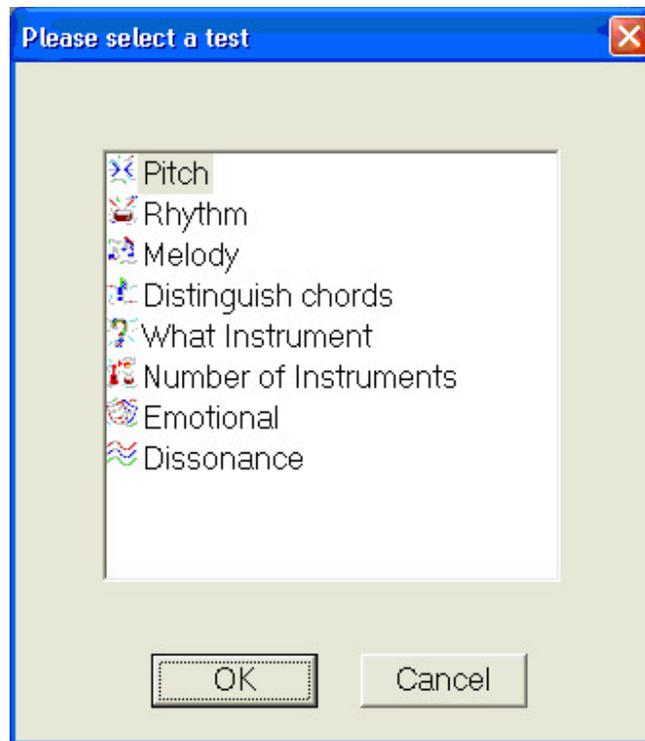
sungen für die Tester sind in Englisch gehalten, da diese einen ausreichenden Sprachkenntnisstand haben. Etwaige Unklarheiten können bei dem Training des Testes durch die Studienleiterin geklärt werden.



**Abbildung 24: Eingangsfenster zum Mu.S.I.C. Test**

### **Konfigurieren und Starten eines neuen Tests**

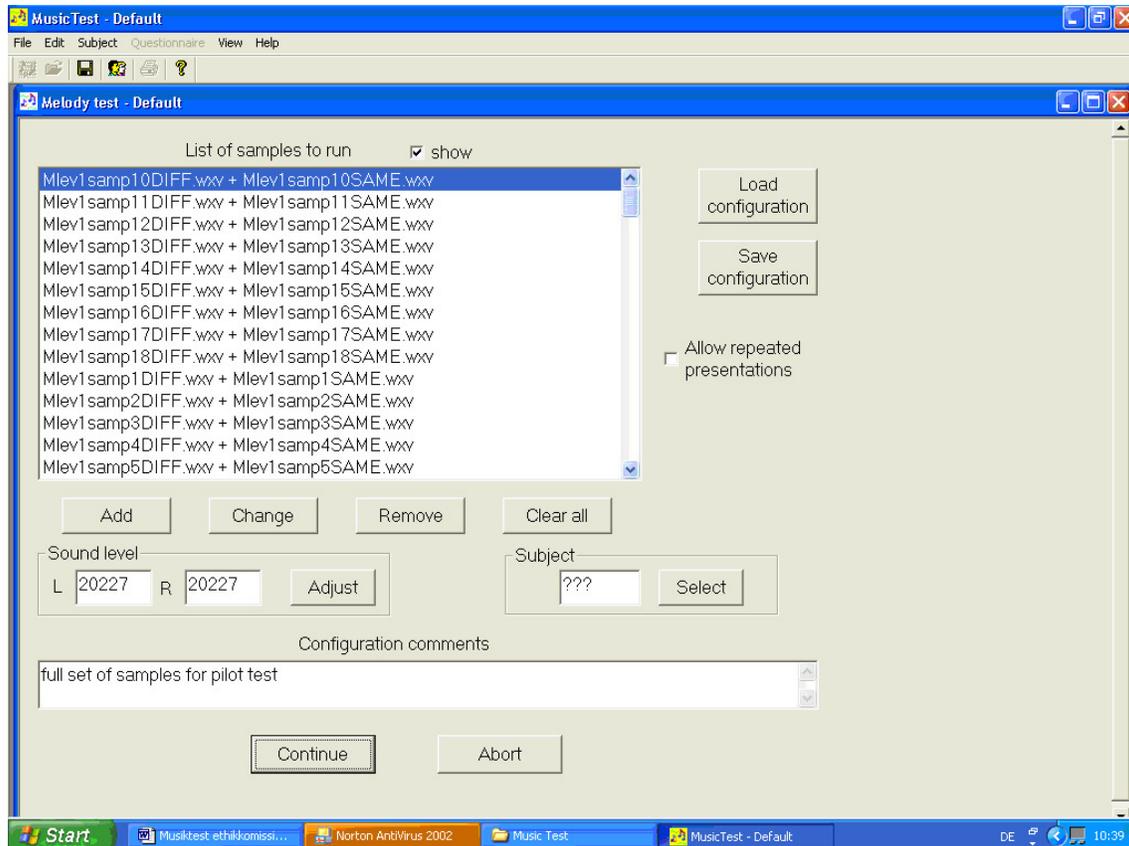
Der Test wird durch das Anklicken von „Configure and run new test“ oder durch drücken von (ctrl+N) gestartet. Damit öffnet sich das „test type“ Fenster, aus dem der gewünschte Untertest gestartet werden kann. Um einen Untertest zu starten, muss der Tester eine vorgegebene Konfiguration starten oder eine neue Datei aus den vorgegebenen Musikdateien kreieren. Letzteres ist jedoch nur dem Programmierer und der Studienleiterin möglich.



**Abbildung 25: Auswahl eines Testes**

### **Lade Konfiguration**

Bei Anklicken der Schaltfläche „load configuration“ werden die zur Verfügung stehenden Konfigurationen angezeigt und können durch Mausklick ausgewählt werden.



**Abbildung 26: Konfigurationsfenster**

### Speichere Konfiguration

Über diese Schaltfläche kann eine Konfiguration für einen zukünftigen Gebrauch gesichert werden. Wenn eine Konfiguration nur einmalig gebraucht wird, z.B. mit der speziellen Lautstärkeinstellung für einen bestimmten Probanden, ist eine Speicherung nicht notwendig.

### Erlaubnis zum Wiederholen von Präsentationen

Durch das Anklicken der Box „allow repeated presentations“ wird bei allen Modulen außer dem Frequenzunterscheidungstest und der Melodieerkennung die Wiederholung von Präsentationen ermöglicht. Dies gilt nur so lange, bis eine Antwort gegeben wurde. Es wird kein Protokoll darüber geführt, ob Wiederholungen durchgeführt wurden.

Wiederholungen sind beim Frequenzunterscheidungstest nicht erlaubt, da diese die Logik des Testalgorithmus stören würden.

## **Hinzufügen**

„Add“ erlaubt das Hinzufügen von Dateien zur Konfiguration. Dadurch wird ein „File Selection“ Fenster geöffnet. Dieses Fenster ist für jeden Test unterschiedlich und wird unter den entsprechenden Tests besprochen.

## **Ändern**

„Change“ öffnet das „File Selection“ Fenster, um die unterlegte Datei durch eine andere zu ersetzen.

## **Entfernen**

„Entfernen“ öffnet das „File Selection“ Fenster, um die unterlegte Datei zu löschen. Dies geschieht erst nach anklicken von „confirmed“.

## **Anpassen**

Durch Anklicken der Schaltfläche „Adjust“ wird das Fenster zur Lautstärkeanpassung (siehe unten) geöffnet.

## **Auswählen**

Durch Anklicken der Schaltfläche „Select“ wird das Fenster zur Probandenauswahl/eingabe (siehe unten) geöffnet.

## **Kommentare**

Unter „Comments“ können Notizen zur Konfiguration gespeichert werden. Es sind maximal 32 000 Zeichen erlaubt. Die Notizen erscheinen immer dann, wenn die entsprechende Konfiguration aufgerufen wird.

## **Fortfahren**

„Continue“ erlaubt dem Tester, mit dem Test fortzufahren.

## **Abbrechen**

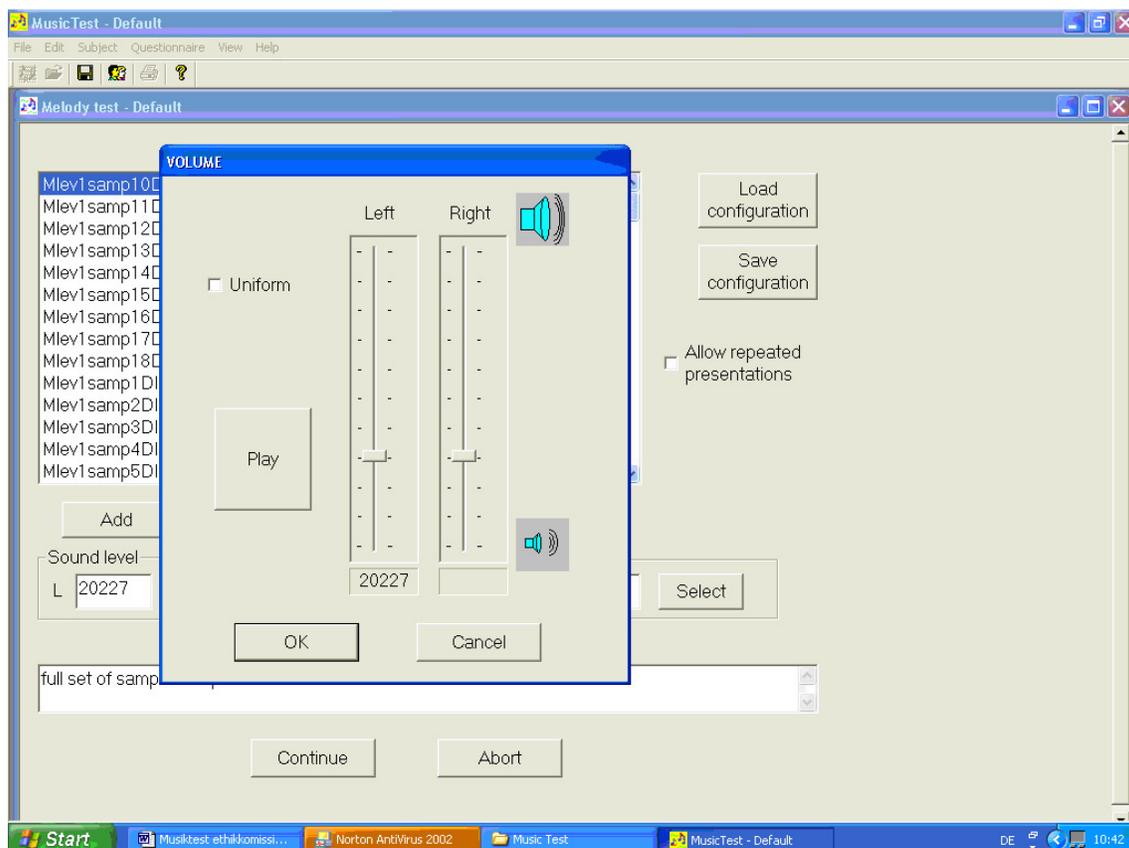
„Abort“ bewirkt, dass die Konfiguration beendet wird, ohne den Test zu starten. Wenn eine neue Konfiguration programmiert wurde oder eine bereits existierende geändert wurde, wird der Betreiber aufgefordert, die Änderungen vor dem Abbruch zu sichern.

## Lautstärkefenster

Das Fenster wird durch anklicken der Schaltfläche „Adjust“ im Konfigurationsfenster aufgerufen. Es dient zur Anpassung der individuellen Lautstärke für jeden einzelnen Probanden. Die Lautstärkeeinstellung soll vor jedem Testlauf in jedem Untertest angepasst werden.

Die Lautstärke kann mittels Schieber unabhängig für den rechten und linken Kanal eingestellt werden. Wenn „Uniform“ angeklickt wird, wird die Lautstärkeregelung für beide Kanäle gekoppelt. Die Lautstärke kann zwischen „0“ und „65000“ geregelt werden. Wobei „0“ bedeutet, dass keine Übertragung stattfindet. Diese Lautstärkeanzeige dient lediglich der subjektiven Einstellung der Lautheit für jeden einzelnen Probanden. Sie repräsentiert nicht eine absolute Lautstärke, die über die Kopfhörer dargeboten wird, da an den meisten Computern die Lautstärke des Kopfhörerausgangs durch einen analogen Regler eingestellt wird, der der Musiktestsoftware nicht zugänglich ist und durch die Parameter der Soundkarte festgelegt ist.

Die Lautstärkeeinstellung wird in der Datenbank gespeichert. Bei der unabhängigen Einstellung des rechten und linken Kanals wird lediglich die größere Lautstärke gespeichert.



## **Abbildung 27: Fenster zur individuellen Lautstärkeanpassung**

### **Fenster zu Auswahl/Eingabe des Probanden**

„ID“ wird in allen Modulen benutzt, um einen Probanden zu identifizieren. Es können maximal 10 Zeichen eingegeben werden. Vorname, Familienname, Geburtsdatum und Geschlecht werden in verschlüsselter Form in der Datenbank gespeichert und sind nur in diesem Fenster in Langtext sichtbar. Der Proband muss nur bei der ersten Testung eingegeben werden. Wenn die nachfolgenden Tests in der gleichen Sitzung durchgeführt werden, wird lediglich eine Bestätigung angefordert, dass der gleiche Proband getestet wird. Bei einer Fortführung der Testung in einer anderen Sitzung kann der Proband über das Pull-down-Menue ausgewählt werden.

### **Anleitungsfenster**

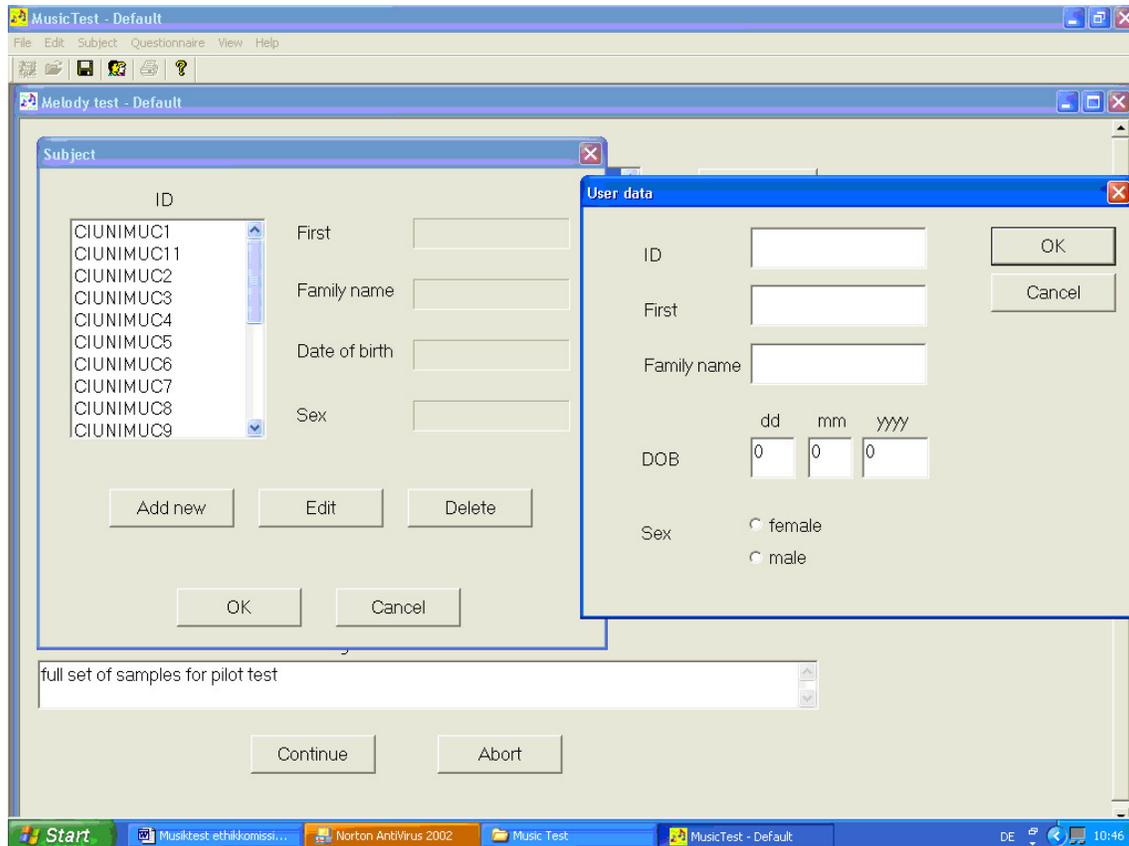
Im Anleitungsfenster wird für jeden Test die Aufgabe genau beschrieben. Im Folgenden ist der Text für jeden Untertest aufgeführt.

### **Frequenzunterscheidung**

Sie werden einen Ton hören, dann eine kurze Pause, dann einen zweiten Ton. Bitte hören Sie genau zu und klicken Sie auf eine der beiden Schaltflächen, je nachdem ob der tiefere Ton oder der höhere Ton zuerst gespielt wurde.

### **Melodieunterscheidungsvermögen**

Sie werden zwei kurze Musikstücke hören, die durch eine Pause getrennt sind. Bei einem Stück wird die ganze Zeit der selbe Ton gespielt, bei dem anderen unterscheiden sich die Töne. Das bedeutet, Sie können höher oder tiefer werden. Bitte hören Sie genau zu und klicken Sie auf eine der beiden Schaltflächen, je nachdem ob das erste oder das zweite Musikstück aus wechselnden Tönen bestand.



**Abbildung 28: Fenster zur Auswahl und Eingabe von Probanden**

### **Rhythmusunterscheidungsvermögen**

Sie werden zwei kurze Musikstücke hören, die auf einer Trommel gespielt werden. Die Stücke sind durch eine kurze Pause getrennt. Die Stücke können genau gleich oder unterschiedlich sein.

Bitte hören Sie genau zu und klicken Sie dann auf eine der beiden Schaltfläche, je nachdem ob die beiden Stücken gleich oder unterschiedlich waren.

### **Harmonieunterscheidungsvermögen**

Sie werden zwei Klänge hören, die auf einem Klavier gespielt werden. Sie sind durch eine kurze Pause getrennt. Die beiden Akkorde können gleich oder unterschiedlich sein.

Bitte hören Sie genau und klicken Sie auf eine der beiden Schaltflächen, je nachdem ob die beiden Akkorde gleich oder unterschiedlich waren.

### **Instrumentenidentifikation**

Sie werden mehrfach ein kurzes Musikstück hören, das jedes Mal auf einem anderen Instrument gespielt wird. Bitte hören Sie gut zu, damit Sie wissen wie sich die Instrumente anhören.

Danach werden Sie das gleiche Stück wieder hören, wobei mehrere der Instrumente zusammen spielen, die Sie vorher einzeln gehört haben. Klicken Sie auf das Instrument, das gerade gespielt wurde.

### **Unterscheidungsvermögen für die Anzahl der dargebotenen Instrumente**

Sie werden mehrfach ein kurzes Musikstück hören, das jedes Mal auf einem anderen Instrument gespielt wird. Bitte hören Sie gut zu, damit Sie wissen, wie sich die Instrumente anhören.

Danach werden Sie das gleiche Stück wieder hören, wobei mehrere der Instrumente zusammen spielen, die Sie vorher einzeln gehört haben.

Klicken Sie auf eine der Zahlen von 1 bis 5, je nachdem wie viele Instrumente gespielt haben.

### **Dissonanz/Konsonanzbeurteilung**

Sie werden einen Klang hören, der auf einem Klavier gespielt wird. Er kann sich eher weich und melodios anhören, oder eher rau und misstönend.

Bitte hören Sie genau hin und klicken Sie auf eine der Schaltflächen von 1 bis 10 je nachdem, ob der Akkord eher weich und melodios oder rau und dissonant klingt.

Dabei steht „1“ für den rauesten, misstönensten Klang, den Sie sich vorstellen können, und „10“ für den weichsten und melodiosesten.

Es gibt bei diesem Test keine „richtigen“ Antworten; wir möchten nur Ihre Meinung wissen.

### **Beurteilung der Emotionalität von Musik**

Sie werden ein kurzes Musikstück hören.

Bitte hören Sie genau zu und klicken Sie auf eine der Zahlen von 1 bis 10, die Ihrer Meinung nach angibt, wie fröhlich oder traurig sich das Stück anhört. Dabei steht „1“ für das traurigste Stück, das Sie sich vorstellen können, und „10“ für das fröhlichste.

Es gibt bei diesem Test keine „richtigen“ Antworten; wir möchten lediglich Ihre Meinung hören.

## 7.7 Ergebnistabellen

**Tabelle 15: Vergleich der Hörphysiologie mit CI, HG und CI+HG**

ID	Tonstufe (Intervall hören)	Rhythmus	Emotion	Melodie	Dissonanz	Anzahl gehörter Instrumente	Akkorde	Gehörtes Instrument
ClbimoMUC1	1,33	100 %	5,09	0,00	5,13	4	83 %	83 %
ClbimoMUC1a	14,00	87 %	5,38	1,94	5,13	1	83 %	77 %
ClbimoMUC1b	5,33	73 %	5,56	7,00	4,80	5	83 %	82 %
ClbimoMUC2	15,67	87 %	4,72	5,04	3,80	2	75 %	95 %
ClbimoMUC4	8,67	73 %	5,97	5,24	4,27	3	83 %	89 %
ClbimoMUC5	0,00	87 %	3,97	0,00	6,07	2	75 %	83 %
ClbimoMUC5a	10,00	87 %	4,56	0,00	4,47	2	75 %	97 %
ClbimoMUC5b	11,33	100 %	4,19	0,00	6,73	2	75 %	88 %
ClbimoMUC6b	11,33	87 %	5,47	0,00	5,87	2	92 %	80 %
ClbimoMUC7	7,67	100 %	5,16	7,00	6,47	2	92 %	73 %
ClbimoMUC7a	10,67	80 %	4,88	7,00	4,93	3	75 %	77 %
ClbimoMUC7b	3,33	60 %	4,41	7,00	3,80	3	83 %	80 %
ClbimoMUC9	1,00	93 %	4,50	7,00	4,33	4	92 %	78 %
ClbimoMUC9a	1,00	100 %	4,69	7,00	4,73	2	92 %	80 %
ClbimoMUC9b	1,00	93 %	4,60	5,74	3,33	2	83 %	81 %
ClbimoMUC10	12,67	87 %	5,03	0,00	5,93	3	58 %	70 %
ClbimoMUC10a	19,67	93 %	5,28	0,00	6,27	1	67 %	82 %
ClbimoMUC10b	16,67	93 %	4,25	0,00	3,13	1	50 %	73 %
ClbimoMUC11	1,00	100 %	5,53	7,00	4,33	5	92 %	76 %
ClbimoMUC11a	5,00	100 %	5,88	6,36	4,67	4	83 %	80 %
ClbimoMUC11b	1,00	100 %	5,28	7,00	4,33	2	92 %	65 %

**Tabelle 16: Auswertung Korrelation und Signifikanz CI (Xi) und HG (Yi).**

CI (Xi)	CI (xi) + HG (Yi)	Tonstufe (Intervall hören)	Rhythmus	Emotion	Melodie	Dissonanz	Anzahl gehörter Instrumente	Akkorde	Gehörtes Instrument
Tonstufe (Intervall hören)	KK (r)	0,7028							
	Sig. (p)	0,1038							
	N	6							
Rhythmus	KK (r)	-0,3038	-0,1281						
	Sig. (p)	0,0193	0,4387						
	N	6	6						
Emotion	KK (r)	0,0858	0,4869	0,8570					
	Sig. (p)	0,6006	3,782E-06	0,4677					
	N	6	6	6					
Melodie	KK (r)	-0,2090	0,6782	-0,0193	0,9763				
	Sig. (p)	0,9290	0,2560	0,7587	0,9204				
	N	6	6	6	6				
Dissonanz	KK (r)	0,8708	-0,3226	0,3186	-0,4333	0,2894			
	Sig. (p)	0,6248	1,7889E-05	1,7889E-05	0,3762	0,6588			
	N	6	6	6	6	6			
Anzahl gehörter In- strumente	KK (r)	-0,2781	-0,2781	0,3736	0,7809	-0,2444	0,2354		
	Sig. (p)	0,4391	0,6194	0,0013	0,4467	0,0004	0,1204		
	N	6	6	6	6	6	6		
Akkorde	KK (r)	-0,7552	0,4770	-0,0161	0,5222	0,2894	0,2354	0,7737	
	Sig. (p)	0,1898	0,1818	0,0841	0,1442	0,4714	0,1204	0,6803	
	N	6	6	6	6	6	6	6	
Instrumenten- identifikation	KK (r)	0,7028	-0,1281	0,8570	0,9763	-0,8174	0,6298	0,7737	0,4885
	Sig. (p)	0,6575	0,9006	0,5911	0,4803	0,8731	0,0036	0,6803	0,3237
	N	6	6	6	6	6	6	6	6

**Tabelle 17: Auswertung Korrelation und Signifikanz HG (Yi) und CI+HG (Zi).**

HG (Yi)	CI (xi) + HG (Yi)	Tonstufe (Intervall hören)	Rhythmus	Emotion	Melodie	Dissonanz	Anzahl gehörter Instrumente	Akkorde	Gehörtes Instrument
<b>Tonstufe (Intervall hören)</b>	KK (r)	0,5812							
	Sig. (p)	0,4680							
	N	6							
<b>Rhythmus</b>	KK (r)	-0,7945	-0,5829						
	Sig. (p)	0,0856	0,3097						
	N	6	6						
<b>Emotion</b>	KK (r)	-0,4558	0,7451	0,5779					
	Sig. (p)	0,7277	1,4273E-05	0,6208					
	N	6	6	6					
<b>Melodie</b>	KK (r)	-0,3350	0,9624	0,7666	0,6671				
	Sig. (p)	0,9673	0,2640	0,0429	0,6609				
	N	6	6	6	6				
<b>Dissonanz</b>	KK (r)	-0,6013	-0,1945	-0,5556	-0,4429	0,2208			
	Sig. (p)	0,8549	0,0014	0,0014	0,6233	0,1316			
	N	6	6	6	6	6			
<b>Anzahl gehörter Instrumente</b>	KK (r)	-0,3657	-0,3657	0,1999	-0,1325	-0,0316	0,1198		
	Sig. (p)	0,5285	0,6053	0,0065	0,5688	0,0023	0,2924		
	N	6	6	6	6	6	6		
<b>Akkorde</b>	KK (r)	-0,7601	0,7717	0,1970	0,6255	0,2208	0,1198	0,9505	
	Sig. (p)	0,1882	0,1736	0,0861	0,1426	0,1539	0,2924	0,6171	
	N	6	6	6	6	6	6	6	
<b>Gehörtes Instrument</b>	KK (r)	0,5812	-0,5829	0,5779	0,6671	-0,4923	0,4087	0,9505	0,4696
	Sig. (p)	0,6575	0,9006	0,5911	0,4803	0,8731	0,0034	0,6171	0,3237
	N	6	6	6	6	6	6	6	6

**Tabelle 18: Auswertung Korrelation und Signifikanz CI (Xi) und CI+HG (Zi).**

CI (Xi)	CI (xi) + HG (Yi)	Tonstufe (Intervall hören)	Rhythmus	Emotion	Melodie	Dissonanz	Anzahl gehörter Instrumente	Akkorde	Gehörtes Instrument
<b>Tonstufe (Intervall hören)</b>	KK (r)	0,7028							
	Sig. (p)	0,1038							
	N	6							
<b>Rhythmus</b>	KK (r)	-0,3038	-0,1281						
	Sig. (p)	0,0193	0,4387						
	N	6	6						
<b>Emotion</b>	KK (r)	0,0858	0,4869	0,8570					
	Sig. (p)	0,6006	3,782E-06	0,4677					
	N	6	6	6					
<b>Melodie</b>	KK (r)	-0,2090	0,6782	-0,0193	0,9763				
	Sig. (p)	0,9290	0,2560	0,7587	0,9204				
	N	6	6	6	6				
<b>Dissonanz</b>	KK (r)	0,8708	-0,3226	0,3186	-0,4333	0,2894			
	Sig. (p)	0,6248	1,7889E-05	1,7889E-05	0,3762	0,6588			
	N	6	6	6	6	6			
<b>Anzahl gehörter Instrumente</b>	KK (r)	-0,2781	-0,2781	0,3736	0,7809	-0,2444	0,2354		
	Sig. (p)	0,4391	0,6194	0,0013	0,4467	0,0004	0,1204		
	N	6	6	6	6	6	6		
<b>Akkorde</b>	KK (r)	-0,7552	0,4770	-0,0161	0,5222	0,2894	0,2354	0,7737	
	Sig. (p)	0,1898	0,1818	0,0841	0,1442	0,4714	0,1204	0,6803	
	N	6	6	6	6	6	6	6	
<b>Gehörtes Instrument</b>	KK (r)	0,7028	-0,1281	0,8570	0,9763	-0,8174	0,6298	0,7737	0,4885
	Sig. (p)	0,6575	0,9006	0,5911	0,4803	0,8731	0,0036	0,6803	0,3237
	N	6	6	6	6	6	6	6	6

**Tabelle 19: Auswertung Resthörvermögen**

<b>ID</b>	<i>125</i>	<i>250</i>	<i>500</i>	<i>750</i>	<i>1000</i>	<i>1500</i>	<i>2000</i>	<i>3000</i>	<i>4000</i>	<i>6000</i>	<i>8000</i>	<b>Hz</b>
CI bimoMUC1	15	10	50	65	80	95	100	105	105	110	100	
CI bimoMUC2		55	75		100							
CI bimoMUC3	75	85	85		90	90	100	95	100	95	90	
CI bimoMUC6		90	90	95	100							
CI bimoMUC7		75	80	80	80	80	75	75	70	80	65	
CI bimoMUC9		30	85		95		105	105	115			
CI bimoMUC10		100	110	110	95	95	90	80	85	90	80	
CI bimoMUC11	30	40	70	105	115	110	115		105		100	

## 7.8 Lebenslauf

### Beruf

Seit 08/2007 Assistenzärztin an der Frauenklinik Dr. Geisenhofer  
am Englischen Garten, München

### Studium

10/2004 bis 06/2007 Studium der Humanmedizin an der Technischen Universität München  
10/2000 bis 09/2004 Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Hochschule  
Hannover

#### *Praktisches Jahr*

02.10.06 bis 19.01.07 PJ-Tertial im Fach Innere Medizin, Gastroenterologie, Klinikum rechts  
der Isar, TUM, Prof. Schmid, München

12.06.06 bis 30.09.06 PJ-Tertial im Fach Gynäkologie und Geburtshilfe, Tygerberg Hospital,  
University of Stellenbosch, Prof. Thinus Kruger, Südafrika

20.02.06 bis 09.06.06 PJ-Tertial im Fach Visceralchirurgie, Klinikum rechts der Isar, TUM,  
Univ.-Prof. Dr. med. J. R. Siewert

#### *Famulaturen*

26.08.2004 bis 10.09.2004 Famulatur im Bereich Anästhesie bei Dr. med. Max Rist am  
Amperklinikum, Dachau

14.07.2004 Teilnahme an Notarzt-Fortbildung bei Berufsfeuerwehr in Dachau

05.07.2004 bis 25.08.2004 Famulatur in Allgemeinarztpraxis Dr. Wolfgang Eder/Erwin Köstler,  
Karlsfeld

14.08.2003 bis 13.09.2003 Famulatur im Bereich Kinderchirurgie am Kinderkrankenhaus auf der  
Bult, Hannover

14.07.2003 bis 13.08.2003 Famulatur am Klinikum für Visceral- und Thoraxchirurgie, St. Bern-  
ward-Krankenhaus, Hildesheim

11.08.2003 Teilnahme an Fortbildung Tumorkonferenz: Aktuelle Interdisziplinäre  
Problemfälle, St. Bernward-Krankenhaus, Hildesheim

### Ausbildung

08/1997 bis 08/2000 Ausbildung zur Kinderkrankenschwester am  
Sankt Bernward Krankenhaus in Hildesheim

## **7.9 Danksagung**

Es bleibt mir die angenehme Aufgabe, mich bei all denjenigen zu bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen haben.

Mein besonderer Dank gilt Frau PD Dr. med. S.J. Brockmeier, Oberärztin der HNO-Klinik, Leiterin der Pädaudiologie im Klinikum Basel, Schweiz (ehemals Leiterin der Ambulanz für Phoniatrie und Pädaudiologie im Klinikum rechts der Isar in München), die mir das behandelte Thema überließ und mir in Diskussionen inhaltliche Anregungen und gute Ratschläge bei der fachlichen Bewertung der Untersuchungsergebnisse gab.

Des Weiteren danke ich von ganzem Herzen Herrn Dipl.-Ing. Christopher Pflug für die statistische Auswertung der Datentabellen und der Anregung zur graphischen Darstellung, sowie für die permanente Motivation und den großen Enthusiasmus.

Und nicht zu vergessen, bedanke ich mich bei meinen geliebten Eltern, Elisabeth und Hermann Miede, die mir dieses Studium ermöglicht haben.