

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

**Klinik für Hör-, Stimm, und Sprachheilkunde
(Phoniatrie und Pädaudiologie)
des Kopf- und Neurozentrums**

Direktor: Professor Dr. Markus Hess

Frequenzspezifischer adaptiver Geräushtest mit Tierstimmen

Dissertation

**zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg**

**vorgelegt von
Antonia Nolte
aus Köln**

Hamburg 2012

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Hamburg am: 14.12.2012

Veröffentlicht mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende:	Prof. Dr. Markus Hess
Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in:	Prof. Dr. Michael Jaehne

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
2. Arbeitshypothese und Fragestellung	10
3. Theoretische Grundlagen	11
3.1. <u>Wie funktioniert das menschliche Gehör?</u>	11
3.2. <u>Hörstörungen bei Kindern</u>	12
3.3. <u>Diagnostische Verfahren zur Prüfung des Hörvermögens bei Kindern: Audiometrie</u>	15
3.3.1. Objektive Audiometrie	16
3.3.2. Subjektive Audiometrie	17
3.4. <u>Therapie von Hörstörungen</u>	21
4. Material und Methoden	23
4.1. <u>Probanden</u>	23
4.2. <u>Untersuchungsmethoden</u>	24
4.2.1. FAST	24
4.2.1.1. Testbeschreibung	24
4.2.1.2. Speicherung der Ergebnisse	28
4.2.1.3. Ablauf der FAST4-Testung	29
4.2.2. Reintonaudiogramm	31
4.3. <u>Intelligenztest</u>	31
4.3.1. BUEVA	31
4.3.2. BUEGA	32
4.3.3. U-Heft	33
4.4. <u>Auswertung der ermittelten Daten</u>	33
4.4.1. Auswertung der FAST4-Testergebnisse	33
4.4.2. Auswertung der Audiogramme	34
4.4.3. Statistische Auswertung	34
5. Ergebnisse	35
5.1. <u>Patientenkollektiv</u>	35
5.1.1. Kinder	35
5.1.2. Erwachsene	36
5.2. <u>Analyse der ermittelten Hörschwellen</u>	38
5.2.1. FAST4-Test	38

5.2.1.1.	Kinder	38
5.2.1.2.	Erwachsene	41
5.2.2.	Audiogramm	44
5.2.2.1.	Kinder	44
5.2.2.2.	Erwachsene	45
5.3.	<u>Vergleich der beiden Testverfahren FAST4 und Audiogramm</u>	47
5.3.1.	Kinder	48
5.3.1.1.	Normalhörige Kinder	48
5.3.1.2.	Schwerhörige Kinder	51
5.3.1.2.1.	Test 1	51
5.3.1.2.2.	Test 2	52
5.3.1.3.	Bland-Altman-Diagramm	53
5.3.2.	Erwachsene	54
5.3.2.1.	Normalhörige Erwachsene	54
5.3.2.2.	Schwerhörige Erwachsene	56
5.3.2.2.1.	Test 1	56
5.3.2.2.2.	Test 2	56
5.3.2.3.	Bland-Altman-Diagramm	57
5.4.	<u>Test abgebrochen</u>	58
5.5.	<u>Paukenerguss</u>	59
5.6.	<u>Kopfhörer verweigert</u>	60
5.7.	<u>Dauer des Testes</u>	60
5.8.	<u>Diskrepanz Katze – Vogel</u>	61
5.9.	<u>Intelligenztest</u>	61
5.9.1.	BUEVA	61
5.9.2.	BUEGA	61
5.9.3.	U-Heft	62
6.	Diskussion	63
6.1.	<u>Zur Bedeutung eines Hörscreenings im Vorschulalter</u>	63
6.2.	<u>Vergleich der Testergebnisse zwischen FAST4-Test und Audiogramm</u>	65
6.2.1.	Kinder	65
6.2.1.1.	Normalhörige Kinder	65
6.2.1.2.	Schwerhörige Kinder	67

6.2.2.	Erwachsene	68
6.2.2.1.	Normalhörige Erwachsene	68
6.2.2.2.	Schwerhörige Erwachsene	69
6.2.3.	Vergleich Test 1 und Test 2	69
6.3.	<u>Test abgebrochen</u>	70
6.4.	<u>Paukenerguss</u>	70
6.5.	<u>Kopfhörer verweigert</u>	71
6.6.	<u>Dauer des Testes</u>	71
6.7.	<u>Diskrepanz Katze – Vogel</u>	72
6.8.	<u>Beobachtungen während der Durchführung des FAST4-Testes</u>	72
6.9.	<u>Intelligenztest</u>	73
6.10.	<u>Andere Hörtestverfahren bei Kindern</u>	74
6.11.	<u>Ist der FAST4-Test für das Alter 2,5 bis 10 Jahre geeignet?</u>	76
6.12.	<u>Für welche Zielgruppen ist der FAST4-Test geeignet?</u>	77
6.13.	<u>Können Kinder adäquater auf Tierstimmen reagieren als auf Sinustöne?</u>	77
6.14.	<u>Ist der FAST4-Test ein geeignetes Screeningverfahren für Kinder mit und ohne Hörstörung im Rahmen der Kindervorsorgeuntersuchungen?</u>	78
6.15.	<u>Ausblick</u>	78
7.	Zusammenfassung	80
8.	Abkürzungen	81
9.	Anhang	82
9.1.	<u>Aufklärung Eltern</u>	82
9.2.	<u>Tabelle „compactfile“</u>	84
10.	Literaturverzeichnis	85
11.	Danksagung	93
12.	Lebenslauf	94
13.	Erklärung	95

1. Einleitung

Die Sprache ist das Tor zur erfolgreichen Kommunikation und sozialen Integration, welche für das tägliche Leben unentbehrlich ist. Mit Sprache können wir eigene Gefühle zeigen, Gedanken ausdrücken, Bedürfnisse äußern, aber auch die Anliegen Anderer verstehen und aufnehmen. Um all diese Fähigkeiten anwenden zu können, benötigen wir allerdings ein regelrecht funktionierendes auditives System.

Die Reifung der zentralen Hörbahn geschieht hauptsächlich in den ersten Lebensmonaten und wird nur ermöglicht, wenn akustische Reize dargeboten und verarbeitet werden können (2). Bereits in der Embryonalphase produziert das Gehirn mehr Nervenzellen als es im späteren Leben eigentlich braucht. Während der Synaptogenese werden Neurone über Synapsen verbunden. Diese Reifung der Hörbahn findet in den ersten drei Lebensjahren durch elektrische Stimulation bzw. akustische Reize statt. Jedoch die Neurone, die keine Stimulation erhalten, atrophieren (3, 49-50). Danach ändert sich die Organisation des Gehirns kaum. Aufgrund der fehlenden Hörbahnreifung bei Geburt lässt sich auch die Tatsache erklären, dass Säuglinge erst auf akustische Reize größer 80 dB Hörverlust (HV), 6 Monate alte Kinder über 40-50 dB HV und 2-Jährige größer 20 dB HV reagieren. Schließlich ist die Reifung der Hörbahn mit 4 Jahren abgeschlossen (4). Kommt es zu einer Hörstörung in diesem Zeitraum, kann die normale Reifung verhindert werden.

Leider variieren die Prävalenzraten von Schwerhörigkeiten bei Kindern weltweit aufgrund der unterschiedlichen Definitionen einer Schwerhörigkeit, der unterschiedlichen Messgeräte, die angewendet werden, und der Population, an der das Screening durchgeführt wird. Kongenitale Hörstörungen kommen in der Normalbevölkerung mit einer Häufigkeit von 1,6/1000 in Hamburg (47) bzw. 1,3/1000 in Deutschland (48) vor. Weltweit haben sich unterschiedliche Prävalenzraten von 1 bis 4,6 pro 1000 Kinder ergeben (6, 51). Zusätzlich besteht bei 4-6% aller Neugeborenen das Risiko einer Hörstörung. Jedoch steigt die Prävalenz bei Schulantritt mindestens auf das Doppelte u.a. durch die später einsetzende Entstehung von Mittelohrschwerhörigkeiten (7, 51, 55).

Häufig fällt den Eltern die Schwerhörigkeit ihres Kindes erst auf, wenn die Kinder zu sprechen beginnen. Ein verwirrender Faktor im Säuglingsalter ist u. a. das Schreien und Lallen, welches die Eltern als Beweis des Hörens ansehen. Jedoch lallt jedes Kind unabhängig von einer Schwerhörigkeit (1).

Bereits mit sechs Wochen sind Kinder besonders von der menschlichen Sprache fasziniert und mit sechs Monaten können sie Sprache im Gehirn aufnehmen, verarbeiten und speichern. Zu diesem Zeitpunkt können sie bereits Wörter, Rhythmen und Namen erkennen (5). Es ist daher besonders wichtig, zu seinem Kind zu sprechen, da Kinder das Gehörte imitieren, was wiederum die Sprachentwicklung des Kindes fördert. Eltern und Familie spielen eine spezielle Rolle in der erfolgreichen Entwicklung des schwerhörigen Kindes. Sie sind die besten Advocateure and „facilitators“ für das Kind und müssen daher aktiv in die Förderung ihres Kindes involviert werden (18).

Nicht einmal die Hörstörung selbst, sondern der sekundäre Effekt der Hörminderung verhindert den natürlichen Werdegang einer kindlichen Entwicklung. Zahlreiche Studien haben mittlerweile belegt, dass eine zu späte Detektion einer kindlichen Hörstörung einen negativen Einfluss auf die sprachliche, emotionale, akademische und psychosoziale Entwicklung haben kann und somit als ein Handicap anerkannt wird (36-39).

Dies bedeutet, dass bereits eine geringgradige Hörminderung zu Sprachdefiziten führen kann (41, 53, 55). Selbst vorübergehende Hörverluste von 30 dB HV, die länger als 3 Monate andauern, können die Sprachentwicklung behindern. Diese entstandenen Defizite können ohne entsprechende Therapie nicht mehr ausgeglichen werden (2).

Für Außenstehende vermitteln Schwerhörige oft den Eindruck, dass sie retardiert oder minderbegabt seien, da sie Aufforderungen häufig nicht adäquat folgen können oder unangebracht reagieren (8). All dies ist eine sehr große Belastung für das Kind. Aber nicht nur das Kind leidet unter einer späten Detektierung seiner Schwerhörigkeit, sondern auch die Eltern, die damit oft psychisch überfordert sind.

Unabhängig davon ist die späte Diagnose einer Schwerhörigkeit ökonomisch gesehen eine immense finanzielle Belastung für unser Gesundheitssystem (18).

Durch die Einführung des Neugeborenen-Hörscreenings können Hörstörungen mittlerweile sehr viel früher diagnostiziert werden. In Hamburg liegt das mittlere Diagnosealter einer Hörstörung bei 3.5 Monaten (47). Es wird versucht, den Kindern mit kommunikativen Defiziten durch therapeutische Maßnahmen wie Hörgeräte, Cochlea-Implantate und Hör-Sprach-Frühförderung eine normale sprachliche Entwicklung zu ermöglichen. Die Verschreibung von Hörgeräte findet beim UNHS in Hamburg bei einem mittleren Alter von 4.1 Monaten und die Versorgung mit Cochlea-Implantaten von 2.5 Jahren statt (47).

Jedoch können nicht alle Schwerhörigkeiten bei diesem Screening ausgesondert werden. Unter anderem werden Schallleitungsschwerhörigkeiten oft nicht vor dem dritten

Lebensjahr diagnostiziert, da sich diese erst mit der Zeit entwickeln. Hierbei ist der otoskopische und tympanometrische Befund der leitende Faktor (4), da zum Beispiel Zerumen die Messung von otoakustischen Emissionen beeinträchtigen kann. Tubenbelüftungsstörungen sind bei Kindern eine der häufigsten Diagnosen und können bei einer geringen Hörstörung mit einem Hörverlust im Audiogramm nicht auffallen (57). Tubenbelüftungsstörungen können aber auch zu einer Schalleitungsschwerhörigkeit bis zu 50 dB HV führen. 20-30% der gesunden Kinder mit rezidivierenden Paukenergüssen weisen Hörverluste von 40 dB HV auf (7). Folglich muss jeder geringe Hörverlust mit Argusaugen beobachtet und dementsprechend behandelt werden, da bereits ein Hörverlust von 15 dB HV die Sprachentwicklung eines Kindes beeinträchtigen kann (4). Die Sprachentwicklung eines Kindes ist nicht nur abhängig vom Hörvermögen, sondern auch vom „Langzeithörvermögen“ und der „Jahreshörbilanz“. Die Entwicklung einer Hörstörung kann somit mit einer teilweise völlig unklaren zeitlichen Dauer der Ereignisse einhergehen (88, 89).

Eine weitere Schwerhörigkeit, die unglücklicherweise oft zu spät diagnostiziert wird, ist die s.g. auditorische Neuropathie. Bei dieser Erkrankung bestehen krankhafte Veränderungen in den inneren Haarzellen, den Bändersynapsen oder den Spiralganglienzellen. Da die äußeren Haarzellen bei dieser Erkrankung nicht betroffen sind und somit otoakustische Emissionen messbar sind, können diese Kinder beim Neugeborenen-Hörscreening nicht herausgefiltert werden (40, 85). Sie macht einen Anteil von 8% der Schallempfindungsschwerhörigkeiten bei Kindern aus (7, 84).

Aufgrund dieser Tatsachen ist es daher außerordentlich wichtig, bei Kindern nicht nur ein alleiniges Neugeborenen-Hörscreening, sondern im Verlauf weitere Hörtests durchzuführen. Eine Überprüfung des Gehörs ist zwar bei den Kindervorsorgeuntersuchungen (U-Heft) obligatorisch. Jedoch gibt es keinerlei Vorschriften, welches Untersuchungsverfahren angewendet werden sollte. Bisher existierten im Rahmen der Kindervorsorgeuntersuchungen für Kinder im Alter von drei bis sechs Jahren nur audiologische Standardverfahren, die hauptsächlich von hochspezialisiertem Personal handhabbar und für eine Arztpraxis nicht geeignet sind.

Daher wurde der frequenzspezifische adaptive Geräuschtest mit Tierstimmen (Frequency-specific Animal Sound Test – FAST4) von Herrn Professor Coninx entwickelt. Dieser Test hat einige Vorteile gegenüber den bisherigen Untersuchungsmethoden der Audiologie. Er ermöglicht eine einfache, schnelle, effiziente Bestimmung der Hörschwelle für den Tief- und Hochtonbereich und kann somit von nicht-spezialisiertem

Personal z. B. in einer Pädiatrie oder HNO-Praxis durchgeführt werden. Das Aufsuchen eines audiologischen Zentrums kann also erst einmal umgangen werden kann.

In dieser Arbeit wurde der FAST4-Test mit dem Audiogramm verglichen.

Zusammenfassend stellen sich nun folgende Fragen:

2. Arbeitshypothese und Fragestellung

- Ist der FAST4-Test für die Altersstufe 2,5 bis 10 Jahre geeignet?
- Kann man den FAST4-Test als diagnostisches Medium zur Erfassung der Hörschwelle bei Kindern im Alter von 2,5 bis 10 Jahren in einer Pädiatrie-, Phoniatrie- oder HNO-Praxis, HNO-Klinik, Klinik für Hör-, Stimm- und Sprachheilkunde, Logopädischen Praxis, Kindergärten, Grundschulen, Sonderschulen oder beim Hörakustiker einsetzen? Bzw. ist der Test durch nicht-hochspezialisiertes Personal einfach, schnell, effizient und reproduzierbar durchzuführen?
- Können Kinder adäquater auf die Tierstimmen des FAST4-Testes reagieren als auf die Sinustöne beim Reintonaudiogramm und ist der FAST4-Test somit effizienter und aussagekräftiger als das RTA?
- Ist der FAST4-Test ein geeignetes Screeningverfahren für Kinder mit und ohne Hörstörung im Rahmen der Kindervorsorgeuntersuchungen?

3. Theoretische Grundlagen

3.1. Wie funktioniert das menschliche Gehör?

Unser Hörorgan besteht aus verschiedenen Anteilen, über die Schallereignisse bis zum Gehirn weitergeleitet werden. Der periphere Anteil beinhaltet das äußere Ohr mit Muschel und äußerem Gehörgang; das Mittelohr mit Trommelfell, Tube und Paukenhöhle, in der sich die Gehörknöchelchen befinden; das Innenohr mit dem Hörsinnesorgan und dem Gleichgewichtsorgan. Zum zentralen Anteil gehört die Hörbahn, die sich mit dem Hörnerv und ihren verschiedenen Verschaltungen vom Innenohr bis zur Hirnrinde (afferente Hörbahn) streckt, wo sich der primäre auditorische Kortex und ein auditorisches Assoziationsfeld befindet (4, 9).

In der Regel trifft ein Geräusch in Form einer Luftschallwelle mit Frequenzen von 20 bis 20000 Hz auf die Ohrmuschel, gelangt schließlich über den äußeren Gehörgang zum Trommelfell und versetzt dieses in mechanische Schwingungen. Bei mittleren Frequenzen (500-2000 kHz) ist das Trommelfell in der Lage die meiste Schwingungsenergie fortzuleiten, sodass nur wenig Schall zurücktransportiert wird (10). In diesem Zustand ist die Impedanz, der Widerstand, der der Schallwelle entgegenwirkt, am geringsten. Jedoch nimmt sie bei einer Luftdruckdifferenz zwischen Umgebung und Mittelohr zu. Schließlich wird der Schall über die Gehörknöchelchenkette auf die Steigbügel Fußplatte am ovalen Fenster zum Innenohr geleitet. Während des Transports vom Trommelfell zum ovalen Fenster durchläuft der Schall ein Hebelsystem, dessen Wirkung sich hauptsächlich aus dem Unterschied der Fläche von Trommelfell und ovalem Fenster ergibt. Hierbei kommt es zu einer Verstärkung des Druckes und somit zu einer Anpassung für die Schallübertragung im flüssigkeitsgefüllten Innenohr (9, 10).

Zusätzlich wird ein Schall über den Knochen unter Umgehung von Außen- und Mittelohr auf das Innenohr übertragen. Allerdings hat dies für das normale Hören eine geringe Relevanz.

Über die Schallausbreitung im Innenohr gibt es verschiedene Theorien. In den letzten Jahren hat sich die Theorie einer dispersiven Wellenausbreitung auf der Basilarmembran in Richtung Helicotrema durchgesetzt (4). Es kommt zu einer tonotopischen Frequenzverteilung. Dies bedeutet, dass jeder Ort auf der Basilarmembran für eine bestimmte Tonhöhe optimiert ist und für diese die stärkste Auslenkung erreicht. Die Anordnung beginnt mit den höchsten Frequenzen am runden Fenster und endet mit den niedrigen Frequenzen am Helicotrema (1). Folglich kommt es zu einer Erregung der

äußeren Haarzellen durch die dabei entstandenen Scherkräfte am Punkt des größten Ausschlags (2, 10). Die äußeren Haarzellen haben die Aufgabe eines „cochleären Verstärkers“, da sie einerseits einen Schall verstärken, aber auch dämpfen können und somit das Hören geringer Schallintensitäten und das Frequenzunterscheidungsvermögen erhöhen (4). Diese Schwingungen lassen sich als so genannte otoakustische Emissionen messen (11). Zusätzlich regulieren die äußeren Haarzellen durch Abscherung ihrer an der Oberfläche befindlichen Stereozilien die optimale Funktion der inneren Haarzellen. Die inneren Haarzellen dienen als Übermittler der Sinnesinformation an den Hörnerv, indem die Schwingungen über die Tektorialmembran auf die Haarzellen übertragen werden (2). Die Abscherung der Stereozilien der inneren Haarzellen führen zur elektrischen Reizübertragung auf den Hörnerv bzw. zur Auslösung eines Aktionspotentials in den Fasern des Hörnervs. Mit Hilfe der Tonotopie, der Intensitätskodierung und der Periodizitätsanalyse werden akustische Reize in der zentralen Hörbahn kodiert. Diese Eigenschaften führen zusammen mit weiteren Funktionen, wie u.a. Bewusstsein, Segmentierung und auditives Kurzzeitgedächtnis schließlich zur Spracherkennung (4).

3.2. Hörstörungen bei Kindern

Hörstörungen resultieren aus einer gestörten Weiterleitung des akustischen Signals vom äußeren Ohr bis zur Aufnahme des Signals im Gehirn.

Daher unterscheidet man verschiedene Schwerhörigkeiten:

- a. Schalleitungsschwerhörigkeit
- b. Innenohr- bzw. sensorische Schwerhörigkeit
- c. Neurale Schwerhörigkeit

a. Bei einer Schalleitungsschwerhörigkeit kommt es zu einer Unterbrechung der normalen Schallübertragung im äußeren Ohr oder Mittelohr aufgrund einer statischen Druckdifferenz zwischen Umgebung und Mittelohr. Die Impedanz des Trommelfells ist erhöht, sodass es zu einer ungenügenden Schallübertragung auf das Innenohr kommt. Als Ursache können angeborene Missbildungen von Außen- und Mittelohr, Gehörgangsverlegungen durch Zerumen oder Fremdkörper, Tubenbelüftungsstörungen durch eine Erkältung oder vergrößerte Rachenmandeln, Gehörgangsentzündungen, Felsenbeinlängsfraktur, Gaumenspalten, seltene Tumore, akute, aber auch chronische Mittelohrentzündungen, wie unter anderem das Cholesteatom, in Frage kommen.

- Bei kleinen Kindern resultiert eine Schallleitungsschwerhörigkeit häufig aus einem *Paukenerguss*. Zwischen 1 und 5 Jahren sind die Kinder meist im „Rotznasen-Alter“, da sie im Vergleich zum Erwachsenen aufgrund einer verkürzten, breiten, flach verlaufenden Tube, die oft von Adenoiden verlegt ist, zu Schallleitungsschwerhörigkeiten aufgrund eines Mukotympanons neigen. Besonders Kinder mit einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte, die unter anderem beim Down-Syndrom auftritt, neigen häufig zu Tubenbelüftungsstörungen (4). Diese Schallleitungsschwerhörigkeiten sind im Kindesalter außerordentlich häufig (58, 59). Bei ein- bis dreijährigen Kindern findet sich eine Prävalenz von 10 bis 30%, die durch Infekthäufung in den Wintermonaten erhöht wird (56). Bleiben diese über längere Perioden unbehandelt, so kann wiederum die Sprach- und Sozialentwicklung beeinträchtigt werden. Besonderes Augenmerk ist auf Mittelohrprobleme in den ersten drei Lebensjahren zu richten, da dieser Zeitraum für die Sprachentwicklung besonders wichtig ist.

Entsprechend lauten auch die Empfehlungen der „American Academy of Pediatrics“ und der „American Academy of Otolaryngology Head and Neck Surgery“ Kinder mit Paukenergüssen und einem Risiko für Entwicklungsstörungen so schnell wie möglich zu behandeln bzw. engmaschig zu kontrollieren (60).

b. Eine angeborene Missbildung der Cochlea, eine Entzündung, ein Trauma oder eine Funktionsstörung der Cochlea können ursächlich für eine Innenohrschwerhörigkeit sein. Diese Schädigung des Innenohres führt zu einer unzureichenden Stimulation des Hörnervs und wird auch Schallempfindungsschwerhörigkeit genannt.

Ätiologie:

Die Entwicklung des Hörorgans mit dem Labyrinth ist im ersten Trimenon der Schwangerschaft fast abgeschlossen. Erkrankungen der Mutter beinhalten in diesem Zeitraum ein sehr hohes Risiko, einen Hörverlust zu verursachen. Ursächlich lassen sich kindliche Hörstörungen in genetisch bedingte und erworbene unterteilen (4):

- *Genetisch* bedingte Schwerhörigkeiten werden vererbt und können isoliert oder im Rahmen eines Syndroms auftreten. Die häufigste Ursache der isolierten Schwerhörigkeit ist die Mutation des Connexin 26 Gens. Bei mehr als 400 Syndromen kommen 30 Prozent der genetisch bedingten Schwerhörigkeiten vor. Zu erwähnen sind u. a. das Pendred-, Usher- und Waardenburg-Syndrom, da bei ihnen die Innenohrschwerhörigkeit das Leitsymptom ist (6).

- Die *erworbenen* Hörstörungen können pränatal, perinatal oder postnatal erworben sein.

Zu den pränatalen gehören intrauterine Infektionen wie z.B. Röteln, Herpes, Toxoplasmose, Listeriose und Lues. Aber auch eine Rhesusinkompatibilität, intrauteriner Sauerstoffmangel, mütterlicher Diabetes und Alkoholmissbrauch kann zu einer Hörstörung führen.

Perinatal spielen Hypoxien, Meningitis, Sepsis, Geburtsgewicht unter 1500 g, Asphyxie und Hyperbilirubinämie eine Rolle.

Schließlich kann eine erworbene Hörstörung auch postnatal aus einer Meningitis, Mumps, Masern, oder der Einnahme ototoxischer Medikamente resultieren (4, 8).

In diesem Zusammenhang ist daher immer eine ausführliche Anamnese unumgänglich. Hilfreich ist hierbei ein ausführlicher Fragebogen in Anlehnung an NIH Consensus Statement 1993, der von den Eltern vor der Untersuchung ausgefüllt wird, um Risikofaktoren kindlicher Hörstörungen zu erörtern (Fragen zu Familie, Schwangerschaft, Geburt, Krankheiten, Sprachentwicklung, Schwerhörigkeit) (86).

Kommt es nicht zu einer frühzeitigen Behandlung mit akustischen Reizen resultiert dies in einer Hörbahnreifungsstörung mit einer zentralen Schwerhörigkeit (4).

c. Neurale Schwerhörigkeiten werden unterteilt in retrocochleäre und zentrale Schwerhörigkeiten. Diese Schwerhörigkeit macht sich vor allem bei Hintergrundgeräuschen und der Lokalisierung von Geräuschen bemerkbar. Häufig beschreiben Eltern, dass ihre Kinder Unaufmerksamkeit und einfache Ablenkbarkeit zeigen (12).

- Die *retrocochleäre Schwerhörigkeit* resultiert aus einer Schädigung zwischen dem ersten Neuron und der Hörrinde durch entzündliche, vaskuläre, traumatische oder metabolische Prozesse (z.B. Neoplasmen, Hydrocephalus, Hypoxie, Hyperbilirubinämie). Bei Säuglingen liegt hierbei eine ungenügende synaptische Verschaltung, bzw. eine Hörbahnreifungsstörung vor. Typisch sind unauffällige OAE's und nahezu unauffällige BERA's. Sie fallen diagnostisch lediglich im Audiogramm auf. Die retrocochleäre Schwerhörigkeit kommt insgesamt selten bei Kindern vor (4, 12).

- Bei der *zentralen Schwerhörigkeit* sind die Hörorgane intakt, allerdings liegt eine Verarbeitungsstörung auditiver Stimuli vor, d.h. dass zentrale Prozesse des Hörens gestört sind. Diese Schwerhörigkeit wird auch auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung (AVWS) genannt. Auslöser können Hirnschädigungen, Hirnreifungsverzögerungen oder auch Umweltweinflüsse wie ein unzureichendes Lernangebot in der frühen Kindheit sein. Kinder mit einer AVWS haben Probleme beim Zuhören, Verarbeiten, Verstehen und Wahrnehmen von auditiven Informationen (13). Eine AVWS geht oft einher mit Sprachentwicklungsverzögerung und Aufmerksamkeitsstörung. Typischerweise fallen diese Kinder erst im Kindergarten oder in der Grundschule auf, da sie eine auffällige Laut- und Schrift-Sprache zeigen. Diagnostisch hinweisend sind hierfür der dichotische Hörtest und die Sprachaudiometrie im Störschall (14).

Unglücklicherweise kann man bei vielen Kindern die Ätiologie ihrer Hörstörung nicht festlegen. Es gibt Daten, nach denen 16 bis 55 Prozent hörgestörter Kinder eine Hörstörung unklarer Genese aufweisen (15, 16).

Weiterhin werden Schwerhörigkeiten nach ihrem Schweregrad in geringgradige (20-40dB HV), mittelgradige (40-60 dB HV), hochgradige (60-80 dB HV), an Taubheit grenzende (80-95 dB HV) und Taubheit (100 dB HV) eingestuft (64). Eine Hörstörung kann auf einem Ohr (unilateral) oder auf beiden Ohren (bilateral) auftreten. Menschen mit unilateralen Schwerhörigkeiten haben Probleme Geräusche zu lokalisieren, vor allem bei Hintergrundgeräuschen. Somit können auch einseitige Hörstörungen Kinder in ihrer Entwicklung einschränken und müssen daher frühzeitig behandelt werden (61-63).

3.3. Diagnostische Verfahren zur Prüfung des Hörvermögens bei Kindern: Audiometrie

In der Audiometrie unterscheidet man zwischen subjektiven und objektiven Messverfahren zur Prüfung des Hörvermögens.

Bei den subjektiven Verfahren ist die aktive Mitarbeit des Patienten von Bedeutung.

Objektive Verfahren haben den Vorteil, dass sie ohne Mitarbeit des Probanden Körpersignale als Antwort auf Schallreize messen können und somit besonders bei Hörprüfungen von Neugeborenen und kleinen Kindern zur Anwendung kommen. Wirtschaftlich gesehen sind diese Verfahren zudem billiger und verlangen kein hochspezialisiertes Personal (4).

3.3.1. Objektive Audiometrie

Als objektive diagnostische Methode kommen die Impedanzmessung, die *otoakustischen Emissionen (OAE)* und die *evozierten Hirnstammpotentiale (BERA)* zur Anwendung. Die Testverfahren OAE und BERA kommen vor allem beim Neugeborenen-screening zum Einsatz. Es ist ratsam, diese bei einer Hörstörung immer anzuwenden (2). Eine alleinige Anwendung der objektiven Verfahren reicht nicht aus, um eine Hörschwelle und eine Hörgeräteversorgung zu bestimmen. Es wird empfohlen die subjektiven Verfahren immer hinzuzuziehen.

- *Otoakustische Emissionen* sind aktive Schallaussendungen der Cochlea, die über ein Mikrophon bereits am ersten Lebenstag gemessen werden können. Ab einem Hörverlust von 35-40 dB HV sind *OAE's* nicht mehr nachweisbar. Man unterscheidet zwischen TEOAE (transitorisch evozierte otoakustische Emissionen), die bei Hörstörungen ab 30 dB HV ausfallen und DPOAE (Distorsionsprodukt evozierter otoakustischer Emissionen). Isolierte Frequenzen lassen sich besser mit DPOAE abbilden, sodass eine frequenzspezifische Schwerhörigkeit ab 50 dB HV erkannt werden kann (2).
- Bei der *BERA* werden Klickgeräusche über ein Mikrophon auf das Ohr geleitet, wodurch elektrische Potentialschwankungen entstehen und über Hautelektroden am Kopf abgeleitet werden können.
- Mithilfe der *Tympanometrie (Trommelfell-Impedanzmessung)* kann ein Paukenerguss einfach durch Messung der elastischen Nachgiebigkeit des Trommelfells abgesichert werden. Über einen Ohrstöpsel wird ein Sondenton (220 Hz) abgegeben, dessen Pegel wiederum durch ein Mikrophon gemessen wird. Zusätzlich wird über eine Luftpumpe ein Über- oder Unterdruck erzeugt, der das Trommelfell in Schwingungen setzt. In der Praxis erhält man eine glockenförmige Kurve vom höchsten bis zum geringsten Druck (-300 bis +300 daPa). Das Trommelfell ist in gesundem Zustand sehr nachgiebig, besitzt eine geringere Impedanz und hat auf der Kurve seinen höchsten Ausschlag nahezu bei Null, da keine Druckdifferenz zwischen Mittelohr und Umgebung besteht (1). Bei einem Unterdruck im Mittelohr bzw. einer Tubenfunktionsstörung weicht die Kurvenspitze etwa +/-100daP vom Nullpunkt ab. Hat das Kind nun einen Paukenerguss, so ist die Kurve flach, da das Trommelfell durch das flüssigkeitsgefüllte Mittelohr nicht nachgeben kann. Um hierbei falsch positive Ergebnisse zu verhindern, ist es je-

doch wichtig, dass der Ohrstöpsel fachgerecht in den Gehörgang eingeführt wird und der Gehörgang frei von Zerumen ist (2).

Mit Hilfe des Tympanogramms können jedoch keine Rückschlüsse auf die Hörschwelle gemacht werden, da es nur eine Aussage über die Weiterleitung des akustischen Schalles auf das Mittelohr machen kann. Das Tympanogramm darf nicht alleine zur Evaluation des Hörvermögens herangezogen werden, da es keine Aussage über das Ausmaß des Hörverlustes machen kann. Zusätzlich sollten ein otoskopischer Befund und eine Tonaudiometrie vorliegen.

- Der *Stapediusreflex* wird mit Hilfe des gleichen Gerätes wie bei der Tympanometrie erfasst und ermittelt die Reflexschwelle. Neben dem Testton wirkt zusätzlich ein weißes Rauschen auf das Mittelohr, welches den Stapediusreflex auslöst. Als pathologisch wird eine erhöhte Schwelle (Schalleitungsschwerhörigkeit bis 30 dB HV, Schallempfindungsschwerhörigkeit >55 dB HV) und ein nicht auslösbarer oder registrierbarer Reflex angesehen. Dies kann bei einer Schalleitungskomponente oder auch einer Innenohrschwerhörigkeit >55 dB HV auftreten (83).

3.3.2. Subjektive Audiometrie

Bei der Durchführung subjektiver Hörprüfmethoden bei kleinen Kindern kommt es oft zu Schwierigkeiten. Man ist als Prüfer sehr auf die Mitarbeit des Kindes bzw. auf dessen Kooperationsbereitschaft angewiesen. Oft führt eine mangelnde oder auch schnell nachlassende Konzentrationsfähigkeit zu nicht auswertbaren Ergebnissen. Dementsprechend wird vorausgesetzt, dass der Untersucher viel Geduld, Zeit, geschickten Umgang mit Kindern, Fähigkeit zur Motivation und geschulte Beobachtungsgabe mitbringt und außerdem umfangreiche Erfahrung mit audiologischen Untersuchungen vorweist. Schließlich muss der Untersucher einen Kompromiss zwischen Genauigkeit und Dauer der Untersuchung machen (17). Wichtig hierbei ist auch, dass der allgemeine Entwicklungsstand, d.h. der körperliche und geistige, berücksichtigt wird (2). Oft ist es daher sinnvoll mehrere diagnostische Verfahren durchzuführen und zu vergleichen. Auch wenn sich die Untersuchung bei manchen Kindern als außerordentlich schwierig gestaltet, muss dem möglichen Ausschluss einer Schwerhörigkeit die höchste Priorität gesetzt werden.

Kinderaudiometrische Verfahren müssen der Gesamtentwicklung angepasst werden.

- Das aussagekräftigste und am häufigsten angewandte Messverfahren ist die *Tonschwellenaudiometrie*. Die Untersuchung sollte in schallgeschützten Räumen stattfinden. Hierbei werden dem Patienten akustische Signale s.g. Sinustöne über dicht abschließende Kopfhörer, Knochenleitungshörer oder im freien Schallfeld dargeboten. Die Messung im Freifeld wird vorwiegend bei kleinen Kindern angewendet, die noch keine eigenen Angaben machen können oder das Tragen der Kopfhörer verweigern. Dem Kind werden die akustischen Signale mit zunehmendem Schallpegel vorgespielt. Das Kind wird aufgefordert, sobald es den Ton hört, auf eine Taste zu drücken oder ein Zeichen zu geben. In der Regel wird mit der Testung bei 1 kHz begonnen. Danach werden die Sinustöne bei weiteren Frequenzen vorgespielt, bis eine Hörschwelle bestimmt werden kann. Grundsätzlich wird hierbei zwischen 125 Hz und 10 kHz gemessen. Das menschliche Ohr kann Luftschwingungen im Frequenzbereich von 16-20000 Hz wahrnehmen. Der empfindlichste Hörbereich liegt bei 1000 Hz mit einem Schalldruckpegel von 0 dB HV. Für höhere und tiefere Frequenzen sind höhere Schalldrücke nötig, sodass die physikalische, absolute Hörkurve gekrümmt ist (2). Um dies zu vereinfachen, wurde eine flach verlaufende, relative Nulllinie definiert, die sich an der Hörschwelle Normalhörender orientiert (1). Somit liegt im Audiogramm von 0-15 dB HV bei allen Frequenzen eine Normalhörschwelle vor (2). Das Hörfeld des Menschen wird durch eine obere und untere Grenze abgeschlossen. Die untere Grenze ist die absolute Hörschwelle, d.h. der Schallpegel der nötig ist, um einen Ton bestimmter Frequenz in ruhiger Umgebung gerade eben wahrzunehmen. Diese dient als audiometrischer Nullpunkt (0 dB HV). Die obere Grenze wird als Schmerzgrenze (130-140 dB HL) bezeichnet. Das Verstehen von Sprache findet im Bereich 40-60 dB HV statt. Befindet sich der Hörverlust nicht in diesem Bereich oder nur zu einem Teil, so ist es verständlich, dass dies nur einen geringen Einfluss auf die Sprachentwicklung hat. So kann eine fast altersgemäße Sprachentwicklung bei einer Hochtonschwerhörigkeit ab 1000 Hz ablaufen. Ein Hörschaden wird als Hörverlust in dB HV bestimmt (2). An der Abszisse wird die Frequenz in Hertz (Hz) und an der Ordinate der Schallpegel in Dezibel (dB HV) angegeben. Dieses Hörfeld wird durch die Kurven gleicher Lautstärkewahrnehmung sog. Isophone aufgebaut. Auf jeder einzelnen Kurve befinden sich die Töne, die genauso laut wahrgenommen werden.

nommen werden, wie ein 1000 Hz-Ton gleicher Pegellautstärke. Diese Pegellautstärke wird mit der Einheit Phon beschriftet (9).

Wird hierbei ein Hörverlust festgestellt, sollte zusätzlich die Knochenleitung gemessen werden. Der Knochenleitungshörer wird auf das entsprechende Mastoid gelegt und das gegenüberliegende Ohr wird vertäubt. Diese Vertäubung ist außerordentlich wichtig, um ein Mithören des nicht zu testenden Ohres zu verhindern, da es bereits ab 10 dB HV bei der Knochenleitung und ab 50 dB HV bei der Luftleitung zum Überhören kommen kann (4). Das regelmäßige Kalibrieren der Audiometer ist eine grundsätzliche Voraussetzung zum Erhalt aussagekräftiger Ergebnisse. Zudem werden sie bestimmt vom Untersucher und dem Kontakt zum Patienten, da man das Hörvermögen erfragen und bestimmen muss (1).

Wie im Kapitel 3.2. beschrieben, werden verschiedene Schwerhörigkeiten unterschieden, die sich im Audiogramm unterschiedlich darstellen. Eine Schallleitungsschwerhörigkeit zeigt sich im Audiogramm in einem Abweichen der Luftleitung von der normalen Hörschwelle mit normaler Knochenleitung. Kommt es jedoch zu einer Abweichung der Luft- und der Knochenleitung, so liegt mit großer Wahrscheinlichkeit eine Innenohrschwerhörigkeit vor. Außerdem gibt es die Möglichkeit einer kombinierten Schwerhörigkeit, die aus einer Schallleitungs- und einer Innenohrschwerhörigkeit besteht.

Diese Art der Tonaudiometrie ist die klassische Variante, die auch bei Erwachsenen zur Anwendung kommt. Bei normal intelligenten Kindern ist sie jedoch erst ab einem Alter von 3-4 Jahren zuverlässig, da jüngere Kinder u.a. die Kopfhörer verweigern. Anfangs testet man daher im Freifeld nur bei drei Frequenzen und erweitert dies, wenn das Kind noch ausreichend Konzentration zeigt (17).

Sind die Kinder jünger als 3 Jahre werden andere Arten von subjektiven Verfahren angewandt. Bei diesen kann meistens keine zuverlässige Hörschwelle bestimmt werden, sondern das auditive Reaktionsvermögen wird gemessen. Das heißt, dass keine Angaben des Kindes benötigt werden. In den meisten Fällen werden die Untersuchungen im Freifeld durchgeführt, sodass keine Aussage darüber gemacht werden kann, welches Ohr besser hört.

- Eine klassische Methode ist die *Reflexaudiometrie* bei Kindern unter 6 Monaten. Hierbei wird dem Kind ein überschwelliger Reiz über 80 dB HV dargeboten.

Woraufhin man reflexive oder attentive Verhaltensauffälligkeiten beim Kind beobachten kann. Es kann ein Auropalpebralreflex (Augenblinzeln oder sogar eine Kopfbewegung), Mororeflex (Umklammerungsbewegung der Arme nach kurzer Streckung), Atmungsreflex (Atmungsbeschleunigung, -stillstand oder -vertiefung) oder Überraschungsreflex (kurzfristiges Aufhören zu Schreien oder zu Weinen) ausgelöst werden. Diese Methode hat auch Nachteile, wenn der Untersucher Fehler bei der Angabe des Reaktionsvermögens macht. Das kann aufgrund von Unerfahrenheit des Untersuchers, Entwicklungsstand des Kindes oder Variabilität der Reaktionen der Kinder sein (18). Trotz einer vorliegenden Schwerhörigkeit können diese Reflexe positiv oder bei neurologischen Schäden negativ sein (17). Daher sollte man immer mehrere Reflexe überprüfen. Zu beachten ist, dass durch diesen überschwelligem Reiz eine Schwerhörigkeit nicht ausgeschlossen werden kann.

- Die *Verhaltensaudiometrie*, die von Ewing und Ewing das erste Mal beschrieben wurde (1), steht ab einem Entwicklungsalter von 6 Monaten bis 3 Jahren als audiometrisches Verfahren zur Verfügung. Das Kind muss in der Lage sein aufrecht zu sitzen, seinen Kopf zu halten und zur Seite drehen zu können. Hierbei wird die Reaktionsschwelle des Kindes gemessen, indem dem Kind überschwellige akustische Reize im Freifeld (60-70 dB HV) in Form von Wobbel-tönen, Schmalbandrauschen oder Musik dargeboten werden. Zum einen kann man eine Ablenkaudiometrie (Behavioral Observation Audiometry – BOA) durchführen, wo reflexive Suchreaktionen der Extremitäten, des Kopfes oder Augenbewegungen beobachtet werden. Und zum anderen ist eine Freifeld-konditionierung (Visual Reinforcement Audiometry – VRA) ab ca. 10 Monaten möglich. Bei diesem Verfahren muss dem Kind die Reaktion erst beigebracht werden. Anfangs wird dem Kind neben dem akustischen Reiz gleichzeitig ein Bild auf einem Bildschirm gezeigt. Hat das Kind dies verstanden, so wird der visuelle Reiz schließlich nach dem akustischen Reiz zur Belohnung dargeboten (2, persönlicher Kontakt mit A. Breitfuss) Hierbei spielt die Korrelation zwischen Stimulus und Belohnung eine besondere Rolle. Die Bilder werden auf Augenhöhe rechts und links des Kindes demonstriert und sie reagieren folgend mit reflektorischen, spontanen, Orientierungs- oder Suchreaktionen. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass die Hörschwelle zuverlässiger bestimmt werden kann. Jedoch können Seitenunterschiede nicht erkannt werden und die Anwesenheit

der Eltern, Behinderungen des Kindes oder ein unerfahrener Untersucher können zu einem falschen Ergebnis führen (persönlicher Kontakt mit A. Breitfuss).

- Bei der *Spielaudiometrie* werden Spielzeuge eingesetzt, die die Beobachtung der Reaktion des Kindes auf den Reiz erleichtern sollen. Von Kindern zwischen 2,5 bis 5,5 Jahren wird dabei aktive Mitarbeit vorausgesetzt. Nicht nur mit der Testung im Freifeld, sondern auch mit Kopfhörern kann die Hörschwelle gemessen werden. Am effektivsten hat sich die Methode mit Bauklötzen bewiesen. Die Kinder dürfen bei jedem Geräusch das sie wahrnehmen einen Bauklotz aus einem Kasten herausholen (persönlicher Kontakt mit A. Breitfuss).

Insgesamt zeigen diese Untersuchungsmethoden auch Schwachstellen, die einen unterschiedlichen Einfluss auf das Untersuchungsergebnis haben können. Unter anderem reagieren Kinder unterschiedlich auf akustische Reize abhängig vom Entwicklungsstadium der Hörbahnreifung. So reagieren Säuglinge bis 4 Monate erst ab einem Schallpegel von ca. 60 dB HV, ab 7 Monaten ab ca. 40 dB HV und mit 2 Jahren ab ca. 25 dB HV (18).

Außerdem können die Angaben des Kindes variieren abhängig vom Interesse und der Konzentrationsfähigkeit des Kindes, die durch die Untersuchungsdauer beeinflusst wird. Zum Beispiel reagieren Kinder bei Wiederholung der auditiven Reize oft langsamer (17). Aber auch die Begleitperson kann einen Einfluss auf die Reaktionsbereitschaft des Kindes haben.

Diese Art von Tests verlangen eine umfangreiche und langjährige Erfahrung des Untersuchers, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten (4).

3.4. Therapie von Hörstörungen

Ein großer Meilenstein in der Diagnostik und Therapie kindlicher Hörstörungen war die Einführung des Neugeborenenhörscreenings. In Deutschland wird seit 2003 ein UNHS von der Konsensuskonferenz Neugeborenen-Hörscreening empfohlen (65), aber es ist erst seit 2009 deutschlandweit obligatorisch (25). Durch die Einführung konnte das Diagnosealter und der Zeitpunkt des Therapiebeginns gesenkt werden (66). Unter anderem liegt in Hamburg das mittlere Diagnosealter einer Schwerhörigkeit bei 3,5 Monaten und die Hörgeräteanpassung findet mit 4,1 Monaten statt (47). In Abhängigkeit von der Grunderkrankung gibt es verschiedene Therapiemöglichkeiten:

- Eine Schallleitungsstörung aufgrund einer Tubenbelüftungsstörung wird primär konservativ mit abschwellenden Nasentropfen behandelt. Kommt es innerhalb von drei Monaten zu keiner Besserung, besteht die Möglichkeit einer Pauken-drainage. Paukenröhrchen werden mithilfe einer Parazentese in das Trommelfell eingesetzt, damit die Flüssigkeit aus dem Mittelohr abfließen kann. Häufig sind hyperplastische Rachenmandeln die Ursache und erfordern eine Adenotomie (4). Es können aber auch andere raumfordernde Prozesse im Hals-, Nasen-, Ohrenbereich ursächlich sein. Es wird empfohlen zu evaluieren, ob das Risiko einer Sprachentwicklungsverzögerung besteht.
- Die Indikation zu einer Hörgeräteversorgung wird ab einer beidseitigen Schwerhörigkeit (Schallleitungs-, Innenohr- und zentrale Schwerhörigkeit) mit einem Hörverlust größer 30 dB HV gestellt (4). Mittlerweile hat sich aber herausgestellt, dass bereits Kinder mit einer unilateralen oder geringen beidseitigen Schwerhörigkeit von Hörgeräten profitieren können (67-68). Die exakte Anpassung und regelmäßige Überprüfung der Hörgeräte ist außerordentlich wichtig, um eine altersgerechte Sprachentwicklung zu ermöglichen.
- Cochlea-Implantate (CI) werden wiederum bei hochgradigen Schwerhörigkeiten (>80 dB HV) eingesetzt, wenn für den Spracherwerb hierbei ein Hörgerät nicht mehr ausreichend ist (4). Primär wird jedes schwerhörige Kind unabhängig vom Schwerhörigkeitsgrad mit Hörgeräten versorgt. Führt dies zu einem Misserfolg, kommt es zur CI-Implantation. Kinder mit hochgradigen Hörstörungen zeigen eine umso bessere Sprachentwicklung, je früher sie mit einem CI versorgt werden. Dabei entwickeln Kinder, die vor Beendigung des ersten Lebensjahrs versorgt wurden, eine Sprachfertigkeit, die vergleichbar ist mit der hörgesunder Kinder (69-70). Die positiven Erfahrungen belegen, dass mit der Implantation nicht zu lange gewartet werden sollte.

Nicht nur die Hörstörung an sich muss behandelt werden, sondern es ist besonders wichtig interdisziplinäre Betreuung und Förderung für das hörgeschädigte Kind anzubieten. Neben den medizinischen Gesichtspunkten müssen auch entwicklungspsychologische, pädagogische und linguistische Aspekte berücksichtigt werden.

4. Material und Methoden

4.1 Probanden

Die vorliegende Studie des FAST4-Testes wurde in dem Zeitraum Juli 2008 bis März 2011 in der Hör-, Stimm- und Sprachheilkunde des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf unter der Leitung von Professor Dr. M. Hess in Kooperation mit dem Entwickler des Testes Herrn Professor F. Coninx (Institut für Audiopädagogik Köln) durchgeführt. Von April bis Juni 2011 wurden die Probanden in der Gemeinschaftspraxis für Hör-, Stimm- und Sprachheilkunde Swiridoff Röhrs Malligsen getestet. Alle 363 Probanden (322 Kinder und 41 Erwachsene) kamen anlässlich einer Untersuchung in der Hör-, Stimm- und Sprachheilkunde zu einem allgemeinen Hörtest.

Das Computerprogramm wurde freundlicherweise von der Firma Auritec zur Verfügung gestellt.

Vor Beginn der Studie wurde das Patientenkollektiv in Absprache mit Herrn Professor F. Coninx festgelegt. Hierbei wurden die Kinder in sechs Gruppen mit je vier Untergruppen aufgeteilt. Zum einen wurde zwischen einer Gruppe mit normalem Gehör und einer Gruppe mit Schwerhörigkeit unterschieden. Und zum anderen sollten die beiden Gruppen entweder mit der Testart Test 1 (Tiere 1-7) oder mit Test 2 (Tiere 3-7) getestet werden. Die beiden Testarten unterscheiden sich darin, dass die Anfangslautstärke der Tierstimmen entweder in 5 dB- bei Test 1 oder 15 dB-Schritten bei Test 2 verringert wird (siehe auch S.27). Dies geschah nach dem Zufallsprinzip, indem in einer Woche alle Kinder nur mit Tiere 1-7 oder nur mit Tiere 3-7 getestet wurden. Allerdings wurden die Kinder in der Gruppe der 2,5 bis 3 Jährigen nur mit Test 1 getestet.

Tabelle Nr. 1: Anzahl der Kinder- und Erwachsenen-Probanden unterteilt nach Normal-/Schwerhörigkeit und Test 1/Test 2. Kinder-Probanden unterteilt nach Altersklassen in Jahren.

Alter in Jahren	Anzahl der Probanden			
	Normalhörigkeit		Schwerhörigkeit	
	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2
2,5-3	-	10	-	10
3-3,5	10	10	10	10
3,5-4	10	10	10	10
4-5	10	10	10	10
5-7	10	10	10	10
7-10	10	10	10	10
Erwachsene	10	10	10	10

Insgesamt wurde der Schwerpunkt auf die jüngsten Kinder gelegt, sodass die Hälfte der zu testenden Kinder zwischen 2,5 und 5 Jahren sein sollte. Zusätzlich wurde eine Vergleichsgruppe mit 40 Erwachsenen gebildet, die auch in die Gruppen normales Gehör und Test 1, Test 2 sowie Schwerhörigkeit und Test 1, Test 2 unterteilt wurden.

4.2. Untersuchungsmethoden

4.2.1. FAST4

4.2.1.1. Testbeschreibung

FAST4 bedeutet „frequenzspezifischer adaptiver Geräushtest mit Tierstimmen“ (Frequency-specific Animal Sound Test). Hierbei werden über Kopfhörer jeweils ein Hund und eine Kuh für den tieffrequenten Bereich (<2 kHz) und eine Katze und ein Vogel für den hochfrequenten Bereich (>2 kHz) auf jedem Ohr einzeln vorgespielt. Mittels dieses Testes lässt sich eine Hörschwelle sowohl für den Tief- als auch für den Hochtonbereich berechnen. Der FAST4-Test kann also zur Erfassung von minimalen, einseitigen und peripheren Hörstörungen im Kindergarten und Grundschulalter und zur Verifikation von Aufblähkurven mit Hörgeräten und/oder CI genutzt werden.

Der FAST4-Test ist ein Untertest des BELLS-Programmes (Battery for the Evaluation of Listening and Language Skills) zur Bestimmung von Hör-, Sprech- und Sprachkompetenzen bei Kindern und Erwachsenen, welches von Herrn Professor F. Coninx (Institut für Audiopädagogik, Solingen) entwickelt wurde.

Für die Durchführung des adaptiven und automatisierten Verfahrens benötigt man einen Computer mit Microsoft Windows und die entsprechende Testsoftware von der Firma Auritec (71).

Die Tierstimmen werden dem Probanden über einen HD280pro-60-dB-Kopfhörer, der an eine externe Soundkarte (M-Audio-Transit) angeschlossen ist, vorgespielt. Es besteht auch die Möglichkeit den FAST4-Test im Freifeld über Lautsprecher durchzuführen. In dieser Studie wurde dies jedoch nur während der Übung gemacht. Die Firma Auritec hatte im vornhinein eine Kalibrierung der Voreinstellungen durchgeführt, sodass eine Kalibrierung des Testes nicht mehr nötig war.

Startet man das BELLS-Programm so erscheint zunächst das Hauptmenüfenster. In dieses gibt man die persönlichen Daten der Testperson ein und nimmt die entsprechenden Voreinstellungen für die Testdurchführung vor.

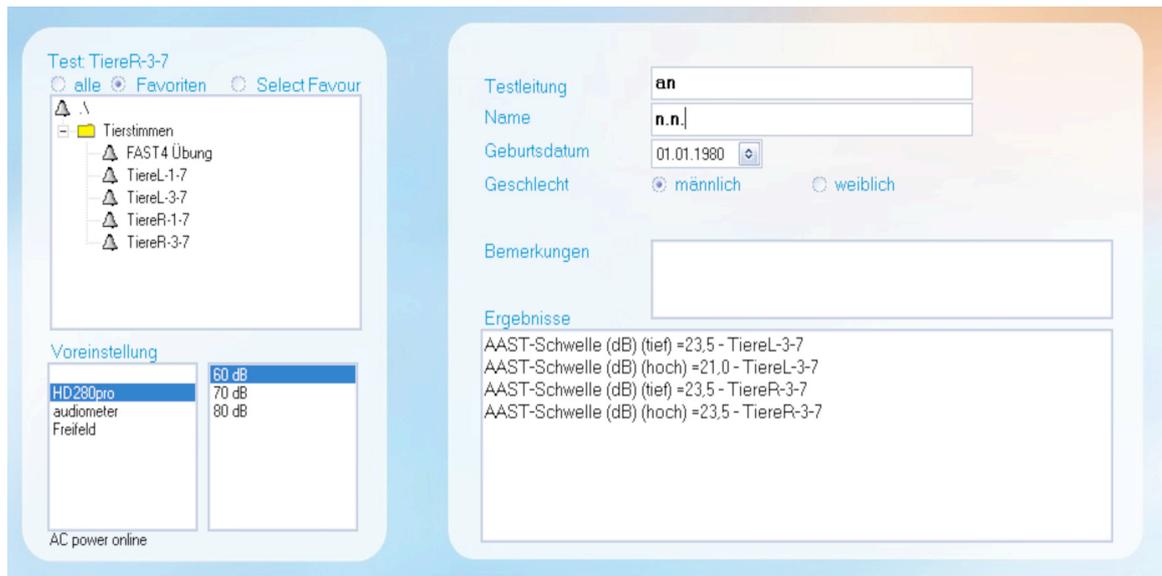


Abbildung Nr. 1: Menüfenster Bells. Kasten oben links: FAST mit Übung, TiereL-1-7, TiereL-3-7, TiereR-1-7 und TiereR-3-7. Oben rechts: persönliche Daten der Testperson (Testleiter, Name, Geburtsdatum, Geschlecht, Bemerkungen). Unten links: Voreinstellung (Kopfhörer, Freifeld; Anfangslautstärke). Unten rechts: Ergebnisfeld mit Angabe der Hörschwelle in dB HV für rechtes und linkes Ohr im Tief- und Hochtonbereich.

Es ist grundsätzlich möglich vor Testbeginn eine Übung durchzuführen, wo die Tiere bei einer gleich bleibenden Lautstärke von 60/70/80 dB HV über Freifeld demonstriert werden.

Vor Testbeginn wird der anfängliche Schalldruckpegel festgelegt, der primär 60 dB HV beträgt. Wenn aber eine entsprechende Schwerhörigkeit vorliegt, kann die Anfangslautstärke auf 70 oder 80 dB HV erhöht werden.

Mit dem Button „Test starten“ kann der FAST4-Test nun begonnen werden und das Testfenster erscheint.



Abbildung Nr. 2: Testfenster des FAST4-Testes mit Hund, Kuh, Katze und Vogel. Mittig START, welches betätigt wird, um den Test zu starten.

Dem Probanden werden nun nach dem Zufallsprinzip abwechselnd die vier Tiere vorgespielt. Sobald die Testperson ein Tier erkennt, indem sie das Tier anklickt oder benennt, ertönt die nächste Tierstimme. Es ist wichtig, dass die Testperson immer mit großer Konzentration an dem Hörtest teilnimmt, um das nächste Geräusch nicht zu verpassen. Beim FAST4-Test liegen zwei verschiedenen Testvarianten vor und zwar Test 1 mit Tiere 1-7 (5 dB HV) oder Test 2 mit Tiere 3-7 (15 dB HV), die auf dem linken und rechten Ohr (TiereL-1-7, TiereR-1-7, TiereL-3-7 und TiereR-3-7) durchgeführt werden. Dies bedeutet, dass die Lautstärke anfangs entweder in 5 dB- bei Test 1 oder 15 dB-Schritten bei Test 2 verringert wird. Die Lautstärke wird um 5/15 dB HV leiser, wenn der Proband die richtige Tierstimme erkennt. Sobald der Proband das Tier allerdings nicht hören kann oder es falsch benennt, erhöht sich die Lautstärke um 10 dB HV. Erkennt der Proband, nachdem der erste Fehler gemacht wurde, das folgende Tier wieder richtig, verringert sich bei beiden Testverfahren die Lautstärke jeweils in 5 dB HV-Schritten. Den up-down-Pegolverlauf für das jeweilige Ohr kann man während des Testes auf einer Graphik nach verfolgen, indem man den Button „Graphik“ betätigt. Grundsätzlich endet der Test automatisch nach sieben Fehlern, er kann jedoch jederzeit manuell mit der Stopp-Taste früher beendet werden. Um ein verwertbares Ergebnis zu erhalten, wird empfohlen den Test nicht vor dem vierten Fehler im Hoch- und Tieftonbereich (insgesamt acht Fehler) zu beenden (72).

„Durch das up-down Verfahren legen sich die dargebotenen Stimuli adaptiv um den Schwellenwert.“ (S. 6; 72). Schließlich erhält man nach Durchführung des Testes einen Wert in dB HV (Hörverlust) für den tieffrequenten (<2 kHz) und hochfrequenten (>2 kHz) Bereich jeweils für das linke und rechte Ohr. Der FAST4-Test zeigt somit an, ob ein Kind ebenso gut wie ein normalhörendes oder schwerhöriges Kind im gleichen Alter hören kann. Der ermittelte Wert wird u.a. im unteren Teil des Menüfensters in dB HV angegeben.

Die Graphik des Testverlaufs wird gespeichert und ist im Nachhinein unter dem Menüabschnitt „BELLS Report Generator“ abrufbar. Bei dieser Graphik werden an der x-Achse die Anzahl der vorgespielten Tierstimmen und auf der y-Achse die Lautstärke in Dezibel (dB HV) dargestellt. Es entsteht so jeweils eine Kurve für den tieffrequenten (rote Kurve) und hochfrequenten (blaue Kurve) Bereich. Der Wert „0 dB HV“ stellt die kalibrierte, normale Hörschwelle dar (71).

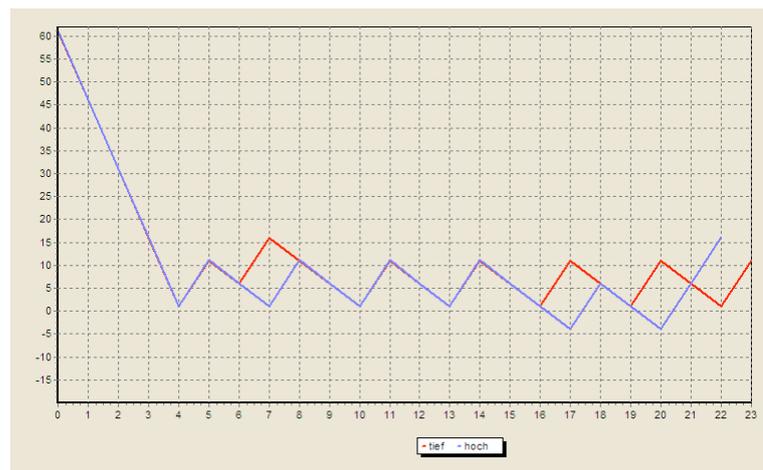


Abbildung Nr. 3: Pegelverlauf eines FAST4-Testes bei einem normalhörigen Probanden mit Angabe des Hochton- (blaue Kurve) und Tieftonbereichs (rote Kurve). X-Achse: Anzahl der vorgespielten Tierstimmen. Y-Achse: Lautstärke in dB HV.

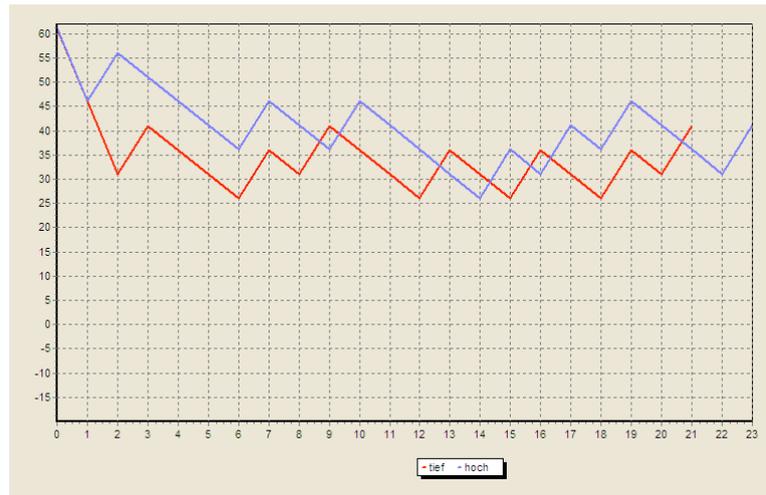


Abbildung Nr. 4: Pegelverlauf eines FAST4-Testes bei einem schwerhörigen Probanden mit Angabe des Hochtון- (blaue Kurve) und Tieftonbereiches (rote Kurve). X-Achse: Anzahl der vorgespielten Tierstimmen. Y-Achse: Lautstärke in dB HV.

Insgesamt ist dies ein sehr interaktiv aufgebauter Test, der meistens schnell eingeübt werden kann.

4.2.1.2. Speicherung der Ergebnisse

Die Speicherung der Daten jedes Probanden findet automatisch nach Beenden des FAST4-Testes unter „programme/bells/aast/ergebnisse“ in zwei verschiedenen Formen statt. Zum einen werden sie in einer ausführlichen Form gespeichert. Das heißt, die Daten jedes Probanden werden in einer einzelnen Datei mit der Endung „.blr“ abgelegt. Für die Bearbeitung dieser Dateien dient ein weiteres Programm, der so genannte „Bells Report Generator“, womit die Graphiken aufrufbar sind und die Daten ausgedruckt werden können. Außerdem werden sie in einem so genannten Compactfile.txt (siehe Anhang) gespeichert (71). Diese kann unter anderem als Excel Tabelle geöffnet werden und ermöglicht so einen einfachen Überblick und eine Sortierung der Daten der einzelnen Probanden in einer Zeile. Die Daten werden unter folgenden Spalten abgespeichert:

- Schwellenwert in dB HV als Ergebnis des adaptiven Testes
- Alter des Kindes am Tag der Testung
- Name des Testleiters
- Name der Testperson
- Geburtsdatum
- Geschlecht
- Einstellung des Lautstärkereglers
- Name des Testes

- Testdatum
- Uhrzeit
- Angabe wenn Test vorzeitig beendet durch Testperson
- Dateiname der Datenspeicherung
- Referenzwert
- Gewählte Voreinstellung
- Versionsnummer des Testes
- Versionsnummer der Bells Software

Zusätzlich wurden noch folgende Spalten hinzugefügt:

- PC-Maus verwendet
- Kopfhörer verweigert
- Test frühzeitig abgebrochen
- Unkonzentriert
- Aufgabe nicht verstanden
- Paukenerguss
- Schwerhörigkeit
- Hörgeräte
- BUEGA/BUEVA
- U-Heft
- sonstiges

4.2.1.3. Ablauf der FAST4-Testung

Grundsätzlich vor Beginn der FAST4-Testung wurden die Eltern der Kinder gefragt, ob sie mit der Teilnahme an dem Test einverstanden sind. Daraufhin wurde ihnen eine kurze Erklärung (siehe Anhang 1) über den Test gegeben und begründet, warum diese Studie durchgeführt wird. Zusätzlich erhielten sie ein Informationsblatt (siehe Anhang 2), auf dem sie die Möglichkeit hatten vier Kreuze zu machen:

- Ich habe die Aufklärung verstanden.
- Ich bin mit der Durchführung des Tierstimmtestes bei meinem Kind einverstanden.
- Ich möchte die Ergebnisse mitgeteilt bekommen.
- Ich bin damit einverstanden, dass die Ergebnisse ohne Offenlegung der persönlichen Angaben meines Kindes für die Auswertung der Studie verwendet werden.

Erst nach Erhalt des Einverständnisses durch die Eltern wurde der Test begonnen.

Die Kinder wurden in ruhiger und friedlicher Atmosphäre in einer schalldichten Audiometrie-Kabine der Phoniatrie am UKE und der Praxis Swiridoff Röhrs Malligsen getestet. Vor Testbeginn wurden die persönlichen Daten des Probanden in das Menüfenster der Testsoftware eingegeben.

Während der Untersuchung saß der Proband unmittelbar vor dem Bildschirm, damit er die Möglichkeit hatte, auf den Bildschirm zu zeigen. Der Untersucher saß daneben.

Entsprechend dem Alter des Kindes wurde bei der Durchführung des Testes unterschiedlich vorgegangen. Den 2,5 bis 3,5-Jährigen wurden zunächst die Kuh, der Hund, die Katze und der Vogel in Form eines Kuscheltieres demonstriert. Danach wurden die vier Tiere als FAST-Übung bei 60dB/70dB/80 dB HV im Freifeld vorgespielt. Diese Übung war wichtig, um zu prüfen, ob das Kind die Tiere kannte und somit den Test verstanden hatte. Dies war eine Voraussetzung, um den FAST4-Test regelrecht durchführen zu können. Sobald man den Eindruck hatte, dass die Kinder die Geräusche den Tieren zuordnen konnten, wurde mit dem endgültigen Test begonnen. Den Kindern ab 4 Jahren wurden ohne vorherige Übung die Tiere auf dem Computerbildschirm direkt gezeigt und sie wurden gebeten, diese zu benennen. War dies erfolgreich, so wurde den Kindern schließlich zum Testbeginn ein HD280pro-60-dB-Kopfhörer aufgesetzt.

Nach dem Zufallsprinzip wurden die Kinder entweder mit der Version Test 1 oder Test 2 getestet, mit Ausnahme der 2,5 bis 3-Jährigen, bei denen nur die Version Test 2 durchgeführt wurde.

Zunächst wurden die Tierstimmen nur auf dem linken Ohr vorgespielt und später auf dem rechten Ohr. Prinzipiell wurde mit einer Lautstärke von 60 dB HV begonnen, wenn jedoch eine entsprechende Schwerhörigkeit bekannt war, mit 70/80 dB HV. Meist hat der Untersucher bei den jüngeren Kindern die Maus geführt und nach Angaben der Kinder das jeweilige Tier angeklickt. Ab sechs Jahren wurden die Kinder gefragt, ob sie mit der Maus schon umgehen können. Einige waren daran sehr interessiert und haben den Test schlussendlich eigenständig durchgeführt. Da die jüngeren Kinder oft sehr schüchtern waren, kam es nicht immer zu einer direkten Reaktion des Kindes auf die Tierstimme. Daher wurden sie aufgefordert, auf ein konkretes Objekt, in diesem Fall auf das jeweilige Kuscheltier oder Tier auf dem Computerbildschirm, zu zeigen. Erkannte der Proband das jeweilige Tier nicht, konnte er entweder raten oder auf die mittige Zelle mit dem Fragezeichen klicken.

Normalerweise endet der Test nach sieben Fehlern automatisch. Aber wenn man merkte, dass die Konzentration nach ließ, wurde der Test früher beendet. Es wurde versucht, dies erst nach vier Fehlern zu machen, um einen auswertbares Messergebnis zu erhalten.

4.2.2. Reintonaudiogramm

Das Reintonaudiogramm wurde vor der Durchführung des FAST4-Testes von einem audiologischen Assistenten erstellt. Entsprechend der Mitarbeit der Kinder wurde entweder ein Audiogramm im Freifeld oder ein Audiogramm mit eigenen Angaben der Kinder durchgeführt.

Zusätzlich wurde bei Verdacht auf einen Erguss oder Unterdruck des Mittelohres ein Tympanogramm erstellt.

4.3. Intelligenztest

Um eine optimale Einschätzung des Reaktionsvermögens der Kinder zu gewährleisten, wurde bei den Kindern ein kurzer Intelligenztest durchgeführt.

Hierfür wurde ab vier Jahren der BUEVA und ab Grundschulreife der BUEGA durchgeführt. Unter vier Jahren wurde nach Auffälligkeiten bei den Kindervorsorgeuntersuchungen (U-Heft) nachgefragt.

4.3.1. BUEVA

BUEVA ist ein Testverfahren, das zur Basisdiagnostik umschriebener Entwicklungsstörungen im Vorschulalter dient. Aus diesem Test wurde der Untertest 1-Allgemeine Intelligenz (CMM) verwendet, der von Eggert 1972 aus dem Columbia Mental Maturity Scale entwickelt wurde. Hierbei werden dem Kind zunächst drei Beispiele Item 31-33 gezeigt, da man festgestellt hat, dass die ersten 30 Items für die meisten Kinder zu einfach sind. Zu sehen sind fünf verschiedene Abbildungen, wovon sich eines von den anderen unterscheidet. Das Kind muss diesen Unterschied erkennen können. Zum Beispiel sind auf dem ersten Item vier Gabeln und ein Löffel abgebildet. Der Löffel gehört nicht dazu und wäre die richtige Antwort. Konnte das Kind keines dieser Beispiele lösen, so beginnt man bei Item 1. Wenn das Kind zu einem der drei Beispiele die richtige Antwort weiß, fährt man mit Item 34 des Testes fort, bis vier Aufgaben in Folge falsch gelöst werden. Bei Vierjährigen beendet man den Test bereits nach dem 50. Item. Für jede richtige Antwort wird ein Punkt vergeben und jeder Fehler wird am Ende von

der Gesamtpunktzahl abgezogen. Man erhält einen Rohwert, an dem man in einer standardisierten Ergebnisskala entsprechend dem Alter den T-Wert ablesen kann. Der T-Wert sollte im Bereich zwischen 40 und 60 liegen, um eine normale Intelligenz gewährleisten zu können (siehe Tabelle Nr. 2). Schlussendlich deutet ein Wert unter 40 auf eine Lernbehinderung bzw. eine Schwäche hin und bei einem Wert unter 30 muss eine geistige Behinderung bzw. eine Störung vermutet werden. Eine auffällige Diagnose sollte nicht allein auf dem BUEGA beruhen, sondern es ist dringend erforderlich, weitere Intelligenztests durchzuführen, um einen besseren Vergleich zu haben (73).

Tabelle Nr. 2: T-Werte, IQ-Werte und Prozenträge in Abhängigkeit vom Entwicklungsstatus. Prozenträge sind eine reine Häufigkeitsangabe. Beispiel PR 80: 80 Prozent haben gleiche oder niedrigere Werte.

T-Werte	Entwicklungsstatus	IQ-Wert	Prozenträge (PR)
>60	Überdurchschnittlich	>115	>84 %
43-59	Durchschnittlich	90-114	24-82 %
40-42	Knapp durchschnittlich	85-88	16-21 %
36-39	Leicht bis mäßige Auffälligkeit	79-84	8-14 %
30-35	Deutliche Auffälligkeit	70-78	2-7 %
<29	Leistungsstörung	63-69	1-2 %

4.3.2. BUEGA

BUEGA ist ein Testverfahren, das zur Basisdiagnostik umschriebener Entwicklungsstörungen im Grundschulalter dient. Aus diesem Testpool wurde der Test für die Non-verbale Intelligenz, ein Referenzmaß für Sprachstörungen, durchgeführt, der auf Matrizen aus dem Potsdamer Intelligenztest (PIT) von Esser und Ballaschk beruht. Er erfasst das logische, schlussfolgernde Denken unabhängig von der Sprache. Die Kinder müssen hierbei Formen, Farben, Strukturen und Zusammenhänge erkennen. Bei diesem Test werden dem Kind vier Kästchen gezeigt, in dem sich verschiedene Bilder befinden. Eines dieser Kästchen ist immer frei und daneben werden fünf Lösungsvorschläge mit Bildern dargestellt. Zum Beispiel befindet sich in drei Kästchen jeweils ein blaues Auto. Als Lösungsvorschläge werden Autos in verschiedenen Farben und unter anderem ein blaues Auto angegeben. Das Kind muss also herausfinden, welches das fehlende Bild für das freie Kästchen ist. Bevor man mit dem Test beginnt, werden zunächst drei Beispiele gezeigt. Hat das Kind diese verstanden, beginnt man mit dem Test. Bei jeder richtigen Antwort wird jeweils ein Punkt vergeben und nach vier Fehlern wird der Test

beendet. Man erhält daraufhin einen Rohwert, mit welchem die zugehörigen Normwerte, die sog. T-Werte, in einer standardisierten Ergebnisskala entsprechend dem Alter abgelesen werden können. Dieser Wert sollte zwischen 40 und 60 liegen, um eine Entwicklungsstörung ausschließen zu können (siehe Tabelle Nr. 2) (74).

4.3.3. U-Heft

Bei Kindern unter vier Jahren ist es schwierig bereits von einer Intelligenz zu sprechen, da sie sich in diesem Alter noch am Beginn ihrer Entwicklung befinden. Daher wurde bei diesen Kindern explizit nach Auffälligkeiten im U-Heft gesucht. Hierbei wurde unterschieden zwischen unauffälliger und auffälliger Kindervorsorgeuntersuchung die auf eine mögliche Entwicklungsstörung hinweisen könnte. Als auffällig galten Kinder mit einer Sprachentwicklungsverzögerung (SEV) oder einer Intelligenzminderung. Insbesondere wurde auf eine Sprachentwicklungsverzögerung geachtet, da sie im Verlauf zu einer eingeschränkten Entwicklung führen kann.

4.4. Auswertung der ermittelten Daten

4.4.1. Auswertung der FAST4-Testergebnisse

Die Hörschwellen des FAST4-Test werden in dB HV angegeben. Als Referenzquelle diente hierbei der normal hörende Erwachsene mit einem SRT (Speech Recognition Threshold) von 16 dB SPL absolut. Da alle Ergebnisse des FAST4-Testes relativ zum normal hörenden Erwachsenen angezeigt werden, entspricht dies FAST4 0 dB HV. Zusätzlich steht die FAST4-Schwelle in Korrelation mit dem Hörverlust bei 500-2000 Hz (bei stark frequenzabhängigen Hörverlusten mit dem Hörverlust im „besten“ Frequenzbereich). Somit beschreibt das Ergebnis die Hörschwelle des Kindes in dB HV im Vergleich zum normal hörenden Erwachsenen, d. h. wie laut die Tierstimmen sein müssen, damit das Kind diese gerade eben noch wahrnimmt. Mit Hilfe einer Alterskorrektur können die Werte mit gleichaltrigen, normal hörenden Kindern verglichen werden (71-72).

Tabelle Nr. 3: Umrechnung der FAST-Hörschwellen auf alterskorrigierte Normwerte.

Alter	Alterskorrigierte Normwert
Erwachsene	Fast4 = 0 dB HV
4 Jahre	Fast4 = 10 dB HV
5 Jahre	Fast4 = 5 dB HV
6 Jahre	Fast4 = 4 dB HV
7 Jahre	Fast4 = 2 dB HV

Überschreitet das Ergebnis mehr als die Normhörschwelle von 20 dB HV, so könnte dies auf eine Hörstörung hinweisen. Weitere audiologische Tests sind dementsprechend notwendig.

4.4.2. Auswertung der Audiogramme

Um einen Vergleich zwischen Audiogramm und dem FAST4-Test zu ermöglichen, wurde aus den Audiogrammen jeweils die beste Schwelle zwischen 500 und 1000 Hz und zwischen 2000 und 4000 Hz ermittelt. Sodass man eine Hörschwelle für den Hoch- als auch für den Tieftonbereich für das rechte und linke Ohr beim Audiogramm erhält. Diese Hörschwellen wurden in der Excel-Datei „compactfile“ dem entsprechenden Probanden hinzugefügt.

4.4.3. Statistische Auswertung

Als Grundlage für die statistische Auswertung diente die Datei „compactfile“, in der die Messergebnisse des FAST4 gespeichert wurden. Diese wurde anschließend mit den Hörschwellen der Audiogramme ergänzt und mit Hilfe von Excel codiert. Ferner wurde zur weiteren statistischen Datenverarbeitung das Statistikprogramm SPSS Version 18.0.1 verwendet.

Ziel war es festzustellen, ob die Hörschwellen des FAST4 mit denen der Audiogramme übereinstimmen bzw. die Nullhypothese zutrifft und der p-Wert $<0,05$ ist. Zur Varianzanalyse diente das s.g. lineare gemischte Modell (Mixed Modell), ein Unterprogramm des Statistikprogramms SPSS. Mit Hilfe des linearen gemischten Modells wurden jeweils die Mittelwerte der Hörschwellen des FAST4-Testes und der Audiogramme als auch deren Differenz ermittelt. Zu diesen Werten wurden jeweils der Standardfehler, der p-Wert und das Konfidenzintervall mit Ober- und Untergrenze berechnet.

5. Ergebnisse

In dieser Arbeit wurden insgesamt 363 Probanden mit dem FAST4-Test getestet. Davon gingen 272 Kinder und 41 Erwachsene mit in die Studie ein. Das Ziel war es, die Hörschwellen des FAST4-Testes mit den Hörschwellen des Reintonaudiogramms bei Kindern als auch bei Erwachsenen zu vergleichen. Es wurde ermittelt, ob sich die Tests unterscheiden.

5.1. Patientenkollektiv

5.1.1. Kinder

Der FAST4-Test konnte bei 272 von insgesamt 322 getesteten Kindern im Alter zwischen 2,5 und 14,3 Jahren angewendet werden. Die übrigen 50 Kinder sind bereits bei der im Voraus durchgeführten Übung aus der Auswertung ausgeschieden, da sie mangelhafte Mitarbeit aufwiesen, unkonzentriert waren oder den Test nicht verstanden hatten. Diese 50 Kinder waren überwiegend jünger als vier Jahre. Eine gültige Messung zeigten 243 von den 272 Kindern aus dieser Studie. Abhängig vom Reintonaudiogramm wurden die Kinder entsprechend den Gruppen Normal- und Schwerhörigkeit zugeteilt. Zusätzlich fand eine Unterteilung nach Test 1 (Tiere 1-7) und Test 2 (Tiere 3-7) statt. Hierbei ergibt sich folgendes Verteilungsbild:

Tabelle Nr. 4: Anzahl der Kinderprobanden aufgeteilt nach Altersklassen, Normal-/Schwerhörigkeit und Test 1/2. Prozentangaben in Bezug auf die Spalten bzw. Test 1/2.

		Normalhörig				Schwerhörig			
		Test 1 – 5 dB Schritte		Test 2 – 15 dB Schritte		Test 1 – 5 dB Schritte		Test 2 – 15 dB Schritte	
		Anzahl	Prozent%	Anzahl	Prozent%	Anzahl	Prozent%	Anzahl	Prozent%
Altersklassen	2.5-3.0 Jahre	3	4,2%	21	23,9%	2	3,8%	8	13,1%
	3.0-3.5 Jahre	12	16,9%	13	14,8%	2	3,8%	11	18,0%
	3.5-4.0 Jahre	13	18,3%	13	14,8%	6	11,5%	8	13,1%
	4.0-5.0 Jahre	13	18,3%	14	15,9%	13	25,0%	10	16,4%
	5.0-7.0 Jahre	11	15,5%	15	17,0%	14	26,9%	12	19,7%
	7.0-10.0 Jahre	18	25,4%	12	13,6%	9	17,3%	8	13,1%
	10.0 und älter	1	1,4%	0	0,0%	6	11,5%	4	6,6%
	Gesamt	71	100,0%	88	100,0%	52	100,0%	61	100,0%

Somit haben in der Gruppe der Normalhörigen 71 Kinder bei Test 1, 88 Kinder bei Test 2 und in der Gruppe der Schwerhörigen 52 bei Test 1 und 61 bei Test 2 teilgenommen. 79 Kinder hatten eine beidseitige Schwerhörigkeit und bei zweien lag eine Hochtonschwerhörigkeit vor. In der Gruppe der Schwerhörigen hatten 32 eine einseitige Schwerhörigkeit, wovon 16 eine rechtseitige und 16 eine linksseitige Schwerhörigkeit hatten. Es ist darauf hinzuweisen, dass es zu einem Überhören auf das gesunde Ohr bei 8 Kindern mit einseitiger Schwerhörigkeit kam, da beim FAST4-Test die Möglichkeit einer Vertäubung nicht bestand. Die Hochtonschwerhörigkeit eines Kindes konnte im FAST4-Test nicht nachgewiesen werden, da sie oberhalb von 4kHz lag. Die Kinder waren im Mittel 5,2 Jahre alt. Das jüngste war 2,5 und das älteste Kind war 14,3 Jahre alt. Dies verdeutlicht den vorgesehenen Schwerpunkt auf die Altersklassen unter 5 Jahren. 97 (35,9%) der Kinder waren weiblich und 173 (64,1%) waren männlich.

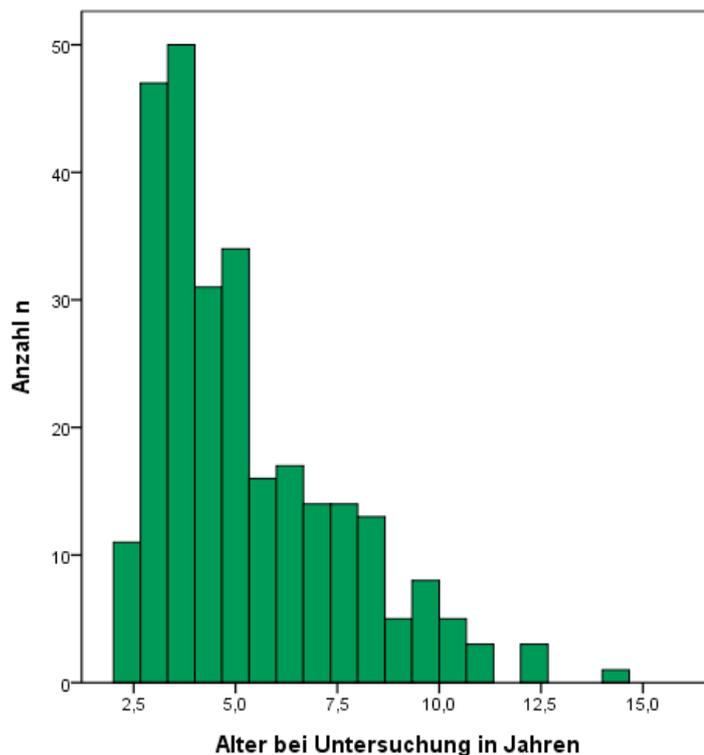


Abbildung Nr. 5: Histogramm: Alter der Kinder bei Untersuchung in Jahren (Anzahl n).

5.1.2. Erwachsene

An dieser Studie haben 41 Erwachsene teilgenommen im Alter von 21,1 bis 83,8 Jahren mit einem Mittelwert von 45,94 Jahren. 23 (56,1%) waren weibliche und 18 (43,9%) männliche Probanden.

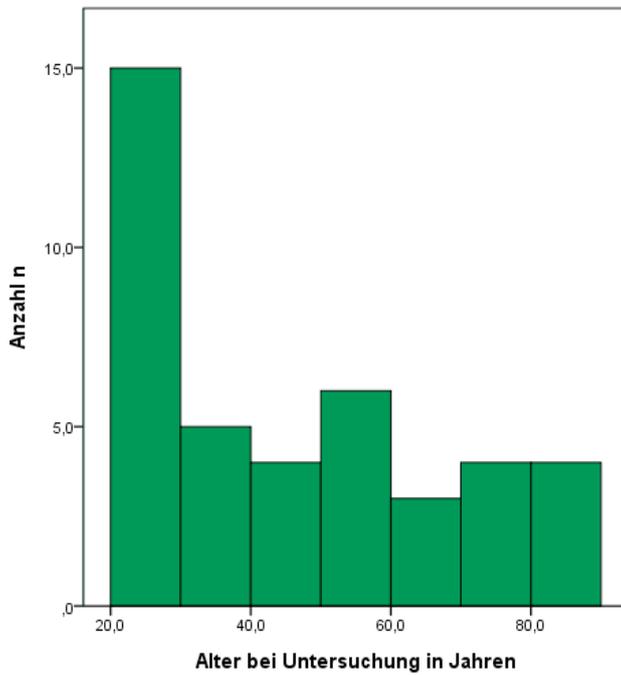


Abbildung Nr. 6: Histogramm: Alter der Erwachsenen bei Untersuchung in Jahren (Anzahl n).

Die Erwachsenengruppe wurde nach Durchführung der Tests in drei Altersgruppen unterteilt. Es konnten zu der Altersklasse 20-40 Jahre 20 Probanden, zu der Altersklasse 40-60 Jahre 10 Probanden und zu der Altersklasse 60-90 Jahre 11 Probanden gezählt werden.

Mit einer annähernd gleichmäßigen Verteilung befanden sich in der Gruppe der Normalhörenden 22 (53,66%) Patienten und in der Gruppe der Schwerhörigen 19 (46,34%) Patienten.

Tabelle Nr. 5: Anzahl der Erwachsenen aufgeteilt nach Normal-/Schwerhörigkeit und Test 1/2 entsprechend ihrer Altersklassen. Prozentangabe in Bezug auf die Spalten bzw. Test1/2.

		Normalhörig				Schwerhörig			
		Test 1 – 5 dB Schritte		Test 2 – 15 dB Schritte		Test 1 – 5 dB Schritte		Test 2 – 15 dB Schritte	
		Anzahl	Prozent%	Anzahl	Prozent%	Anzahl	Prozent%	Anzahl	Prozent%
Altersklassen	20-39Jahre	8	72,7%	9	81,8%	2	22,2%	1	10,0%
	40-59Jahre	2	18,2%	2	18,2%	3	33,3%	3	30,0%
	60-90Jahre	1	9,1%	0	,0%	4	44,4%	6	60,0%
	Gesamt	11	100,0%	11	100,0%	9	100,0%	10	100,0%

Von den 19 Schwerhörigen hatten 12 eine beidseitige Schwerhörigkeit, 2 eine linksseitige Schwerhörigkeit und 5 eine Hochtonschwerhörigkeit. Bei einem Probanden kam es aufgrund einer einseitigen Schwerhörigkeit zum Überhören auf das gesunde Ohr. Alle Probanden mit einer Hochtonschwerhörigkeit zeigten eine auffällige Hörschwelle in den mittleren Frequenzen, sodass diese im FAST4-Test auffällig waren.

Betrachtet man die Verteilung in den Gruppen Normal- und Schwerhörigkeit, so ist auffällig, dass der Schwerpunkt der Normalhörigen in der Altersgruppe der 20-40-Jährigen und der Schwerpunkt der Schwerhörigen in der Altersgruppe der 60-90-Jährigen lag. Dies erklärt sich mit der im Alter zunehmend vorkommenden Presbyakusis.

5.2. Analyse der ermittelten Hörschwellen

Der FAST4-Test und die Reintonaudiometrie wurden an ein und derselben Person durchgeführt und verglichen. Diese beiden Testverfahren waren somit abhängig voneinander.

5.2.1. FAST4-Test

Der FAST4-Test ermittelte eine Hörschwelle für den Hochton- und Tieftonbereich sowohl für das rechte als auch das linke Ohr. Daher erhielt man, sofern der Hörtest nicht frühzeitig abgebrochen wurde, insgesamt vier Hörschwellen pro Proband.

5.2.1.1. Kinder

Die Hörschwellen des FAST4-Testes der normalhörigen Kinder waren sehr breit gestreut mit einer Standardabweichung von 15,62 bei einem Minimum von -12,3 dB HV und einem Maximum von 71,8 dB HV. Der Mittelwert der Hörschwellen mit 11,33 dB war definitionsgemäß als eine normalhörige Hörschwelle anzusehen.

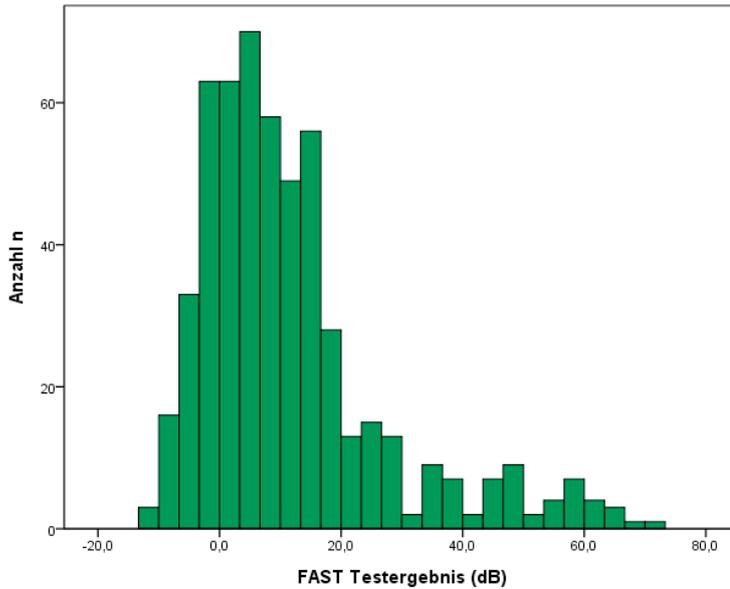


Abbildung Nr. 7: Histogramm: Verteilung der FAST4 Hörschwellen bei normalhörigen Kindern.

Bei den schwerhörigen Kindern lag eine an eine Normalverteilung annähernde Verteilung vor. Dennoch war die Standardabweichung mit 18,5 hoch bei einem Minimum von -9,8 dB HV und einem Maximum von 86,7 dB HV. Der vorliegende Mittelwert der Hörschwellen mit 24,89 dB HV war mit einer Schwerhörigkeit vereinbar. Die vereinzelt unauffälligen Hörschwellen waren einerseits auf die einseitigen und andererseits auf die frequenzspezifischen Schwerhörigkeiten zurückzuführen.

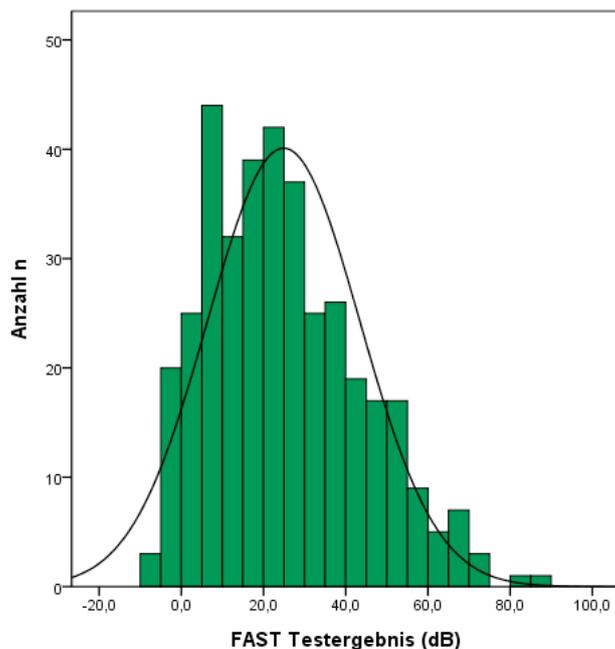


Abbildung Nr. 8: Histogramm: Verteilung der FAST4 Hörschwellen bei schwerhörigen Kindern mit Angabe einer Normalverteilungskurve.

Die auffälligen Testergebnisse mit hohen Hörschwellen fanden sich primär in den jüngeren Altersklassen. Der Test musste gehäuft frühzeitig abgebrochen werden, so dass eine normale Hörschwelle nicht erreicht werden konnte. In der unteren Abbildung ist sehr schön zu sehen, dass die Streuung der Hörschwellen mit Zunahme des Alters stark zurückging. Ab der Altersklasse 4,0-5,0 Jahren lagen nur noch wenige Hörschwellen über 20 dB HV, sodass davon auszugehen ist, dass eine Normalhörigkeit bei diesen Kindern vorlag.

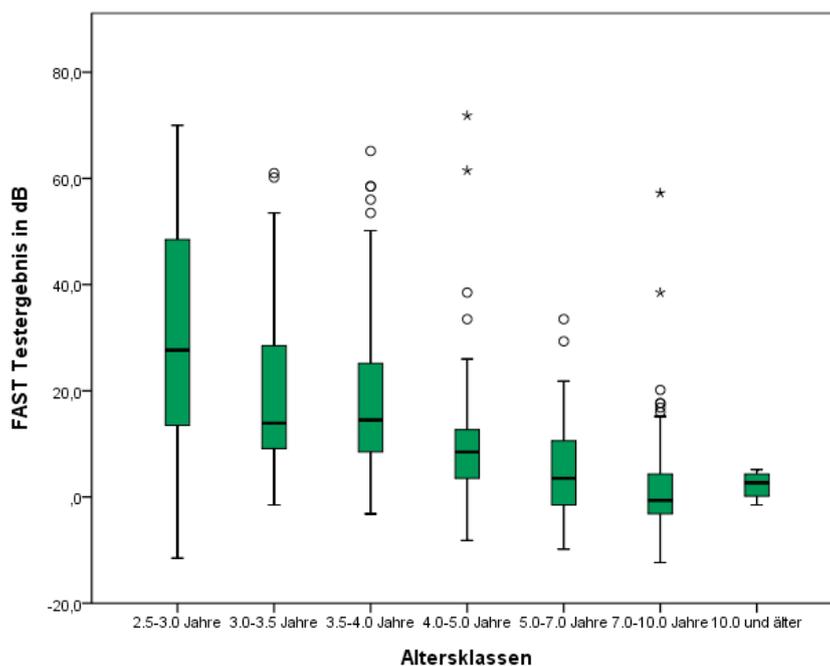


Abbildung Nr. 9: Boxplot zum Vergleich der FAST Hörschwellen in den einzelnen Altersklassen bei normalhörigen Kindern. In der Box (grün) befinden sich jeweils 50% der Daten mit einer Begrenzung durch das obere und untere Quartil. Die Box wird durch den Median geteilt, von dem aus 50% aller Daten ober- und unterhalb des Striches liegen. Die Länge der Box wird mit dem Interquartilsabstand (IQR) angegeben. Je länger die Box, umso breiter ist die Streuung. Die Enden der Antennen ($1,5 \times \text{IQR}$) außerhalb der Box zeigen jeweils den höchsten und niedrigsten Wert. Werte, die mehr als $1,5 \times \text{IQR}$ außerhalb der Box liegen werden als Ausreißer (kleine Kreise und Sternchen) bezeichnet (79).

In der Gruppe der Schwerhörigen war die Verteilung der Hörschwellen über die verschiedenen Altersklassen sehr gleichmäßig.

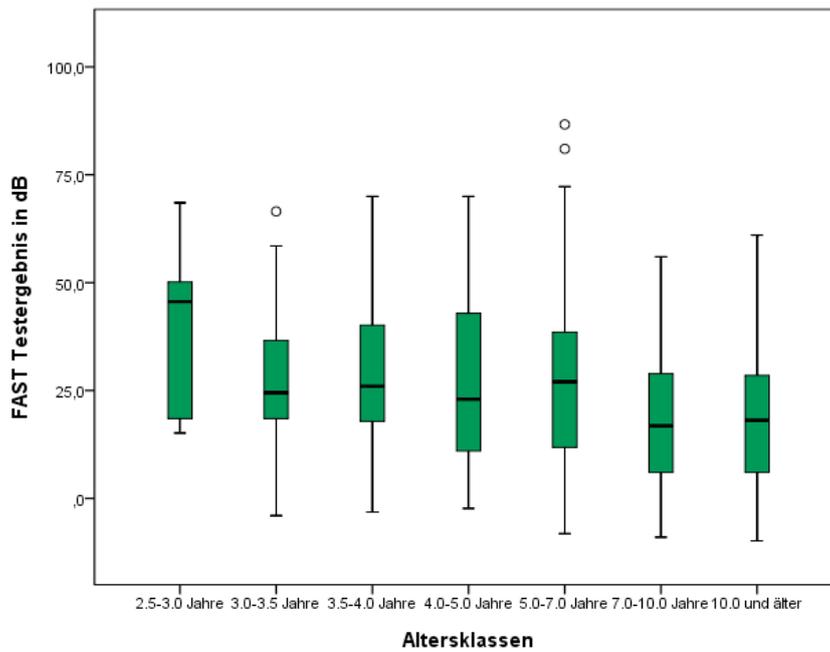


Abbildung Nr. 10: Boxplot zum Vergleich der FAST Hörschwellen in den einzelnen Altersklassen bei schwerhörigen Kindern. Genaue Erklärung eines Boxplots siehe Abbildung Nr. 9.

5.2.1.2. Erwachsene

In der Vergleichsgruppe der normalhörigen Erwachsenen lagen die Hörschwellen mit einem Minimum von -11,5 dB HV und einem Maximum von 26,8 dB HV bei einer geringen Standardabweichung von 6,255 vor. Der Mittelwert lag hier mit -1,37 dB HV sogar im negativen Bereich.

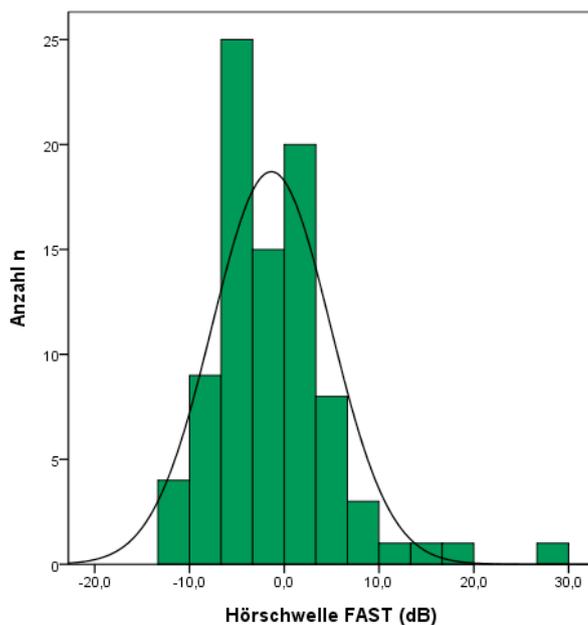


Abbildung Nr. 11: Histogramm: Verteilung der FAST4 Hörschwellen bei normalhörigen Erwachsenen mit Angabe einer Normalverteilungskurve.

Der Mittelwert von 27,19 dB HV bei den schwerhörigen Erwachsenen war vereinbar mit einer Schwerhörigkeit. Das geringe Minimum von -6,3 dB HV war auf die Probanden zurückzuführen, die eine einseitige oder frequenzspezifische Schwerhörigkeit hatten. Das Maximum betrug 69,3 dB HV, sodass eine hohe Standardabweichung von 20,41 erklärbar war.

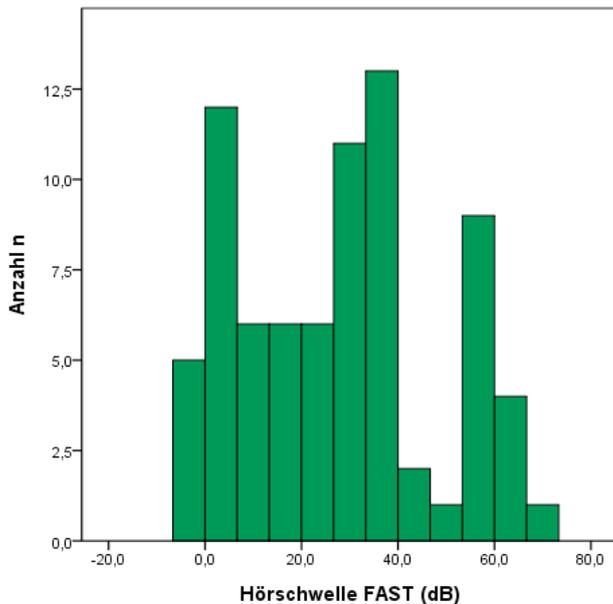


Abbildung Nr. 12: Histogramm: Verteilung der FAST4 Hörschwellen bei schwerhörigen Erwachsenen.

Vergleicht man die Hörschwellen der normalhörigen Erwachsenen in Abhängigkeit ihres Alters, so sah man eine auffällige Zunahme der Hörschwellen. In der Gruppe der unter 40-Jährigen lag die mittlere Hörschwelle im negativen Bereich, bei den über 60-Jährigen jedoch bereits bei 10 dB HV.

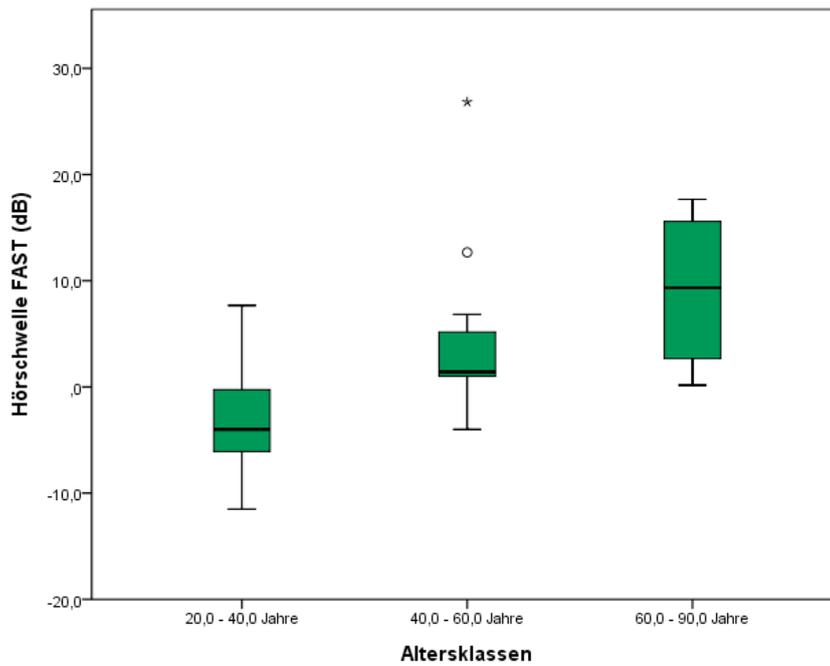


Abbildung Nr. 13: Boxplot zum Vergleich der Hörschwellen in den einzelnen Altersklassen bei normalhörigen Erwachsenen. Genaue Erklärung eines Boxplots siehe Abbildung Nr. 9.

Die Abweichung der Hörschwellen gemäß den Altersklassen war auch bei den Schwerhörigen erkennbar.

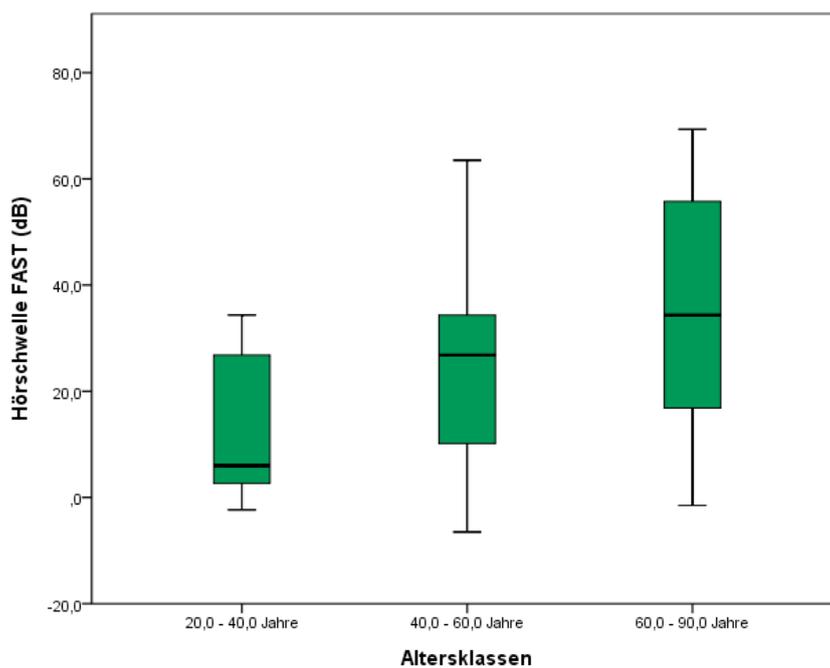


Abbildung Nr. 14: Boxplot zum Vergleich der Hörschwellen in den einzelnen Altersklassen bei schwerhörigen Erwachsenen. Genaue Erklärung eines Boxplots siehe Abbildung Nr. 9.

5.2.2. Audiogramme

Bei den Hörschwellen der Audiogramme war im Vergleich zum FAST4-Test eine deutlich geringere Streuung zu sehen. Dies ist zum einen dadurch erklärbar, dass beim FAST4-Test negative Schwellen gemessen werden können und beim Audiogramm nicht. Zum anderen lag es daran, dass in der Hamburger Schule der Audiologie grundsätzlich eine Hörschwelle von 10 dB HV für Normalhörige und nicht 0 dB HV angegeben wird.

Bei 9 Kindern (3,3%) lag kein Audiogramm vor, da sie nicht zu einer regulären Untersuchung in die Hör- Stimm- und Sprachheilkunde kamen. Sie waren Geschwister von anderen Patienten. Diese Kinder zeigten bei dem FAST4-Test keine auffälligen Hörschwellen, sodass davon auszugehen ist, dass diese Kinder eine normale Hörschwelle im Audiogramm gezeigt hätten. Sie wurden daher zu der Gruppe der Normalhörigen gezählt.

5.2.2.1. Kinder

Um eine Streuung der Hörschwellen des FAST4-Testes und des Audiogramms sichtbar zu machen wurden diese mit Hilfe eines Boxplots gegenüber gestellt. Bei den Audiogrammen lagen die Hörschwellen alle bis auf einige Ausreißer bei 10 dB HV. Jedoch wiesen die Hörschwellen des FAST4-Testes eine deutlichere Abweichung von 10 dB HV auf. Dennoch befanden sich mehr als 75 Prozent im Normbereich.

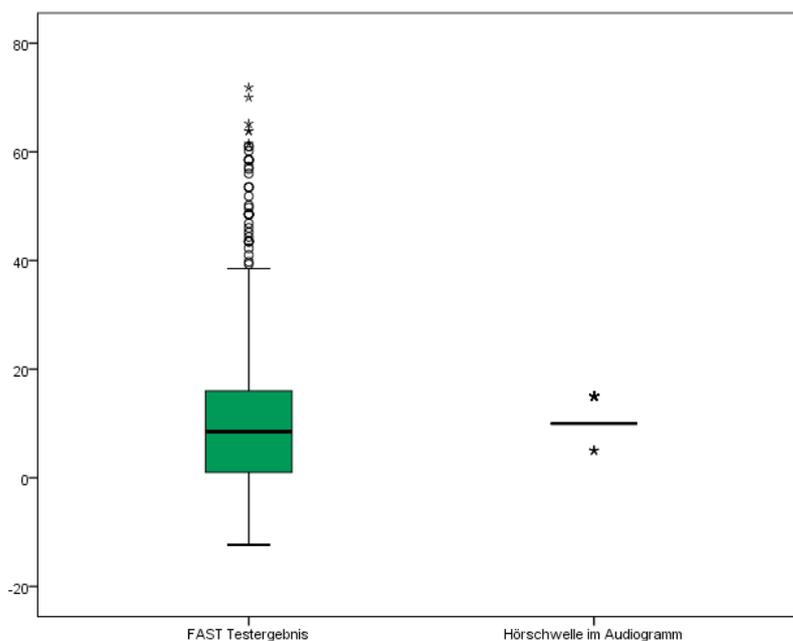


Abbildung Nr. 15: Boxplot zum Vergleich der Verteilung der Hörschwellen des FAST4 und Audiogramms bei normalhörigen Kindern. Genaue Erklärung eines Boxplots siehe Abbildung Nr. 9.

Im unteren Graphen wurden die Hörschwellen der schwerhörigen Kinder gegenübergestellt. Sowohl die FAST-4- als auch die Audiogramm-Hörschwellen zeigten einen Median von über 20 dB HV. Die FAST Hörschwellen wiesen eine leicht größere Streuung auf.

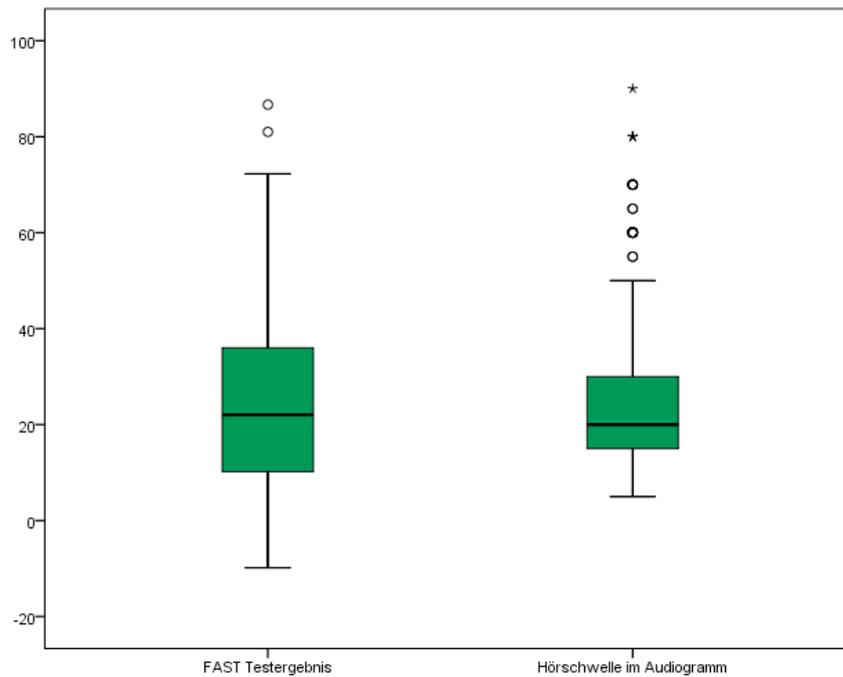


Abbildung Nr. 16: Boxplot zum Vergleich der Verteilung der Hörschwellen des FAST4-Testes und Audiogramms bei schwerhörigen Kindern. Genaue Erklärung eines Boxplots siehe Abbildung Nr. 9.

5.2.2.2. Erwachsene

Im Vergleich der beiden Testverfahren wurde bei den Erwachsenen der grundlegende Unterschied der beiden Testverfahren bei Normalhörigen sehr schön sichtbar. Die Messwerte beim FAST4-Test lagen zum größten Teil im negativen Bereich. Die Hörschwellen der Audiogramme lagen bis auf wenige Ausreißer bei 10 dB HV. Hier lag annähernd keine Streuung vor.

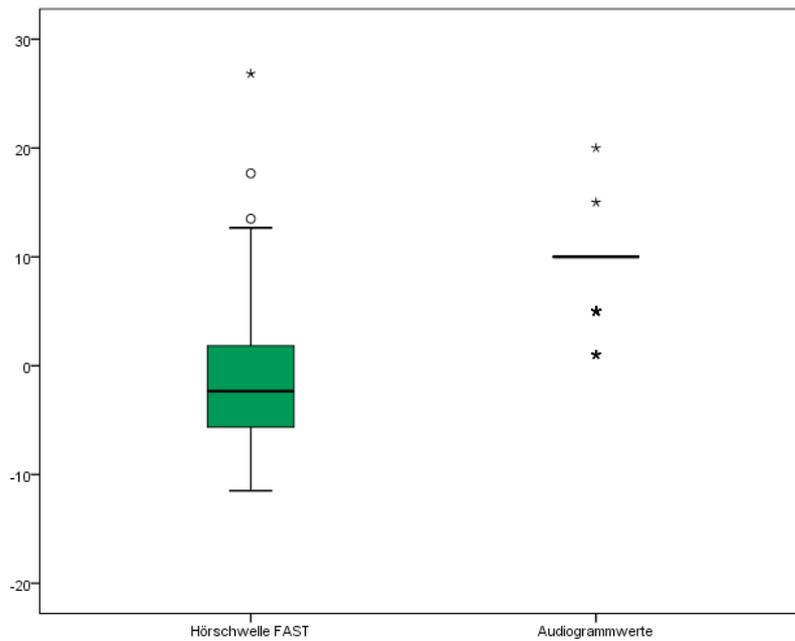


Abbildung Nr. 17: Boxplot zum Vergleich der Verteilung der Hörschwellen des FAST4 und Audiogramms bei normalhörigen Erwachsenen. Genaue Erklärung eines Boxplots siehe Abbildung Nr. 9.

Die Hörschwellen des FAST4-Testes und der Audiogramme bei schwerhörigen Erwachsenen ähneln sich sehr.

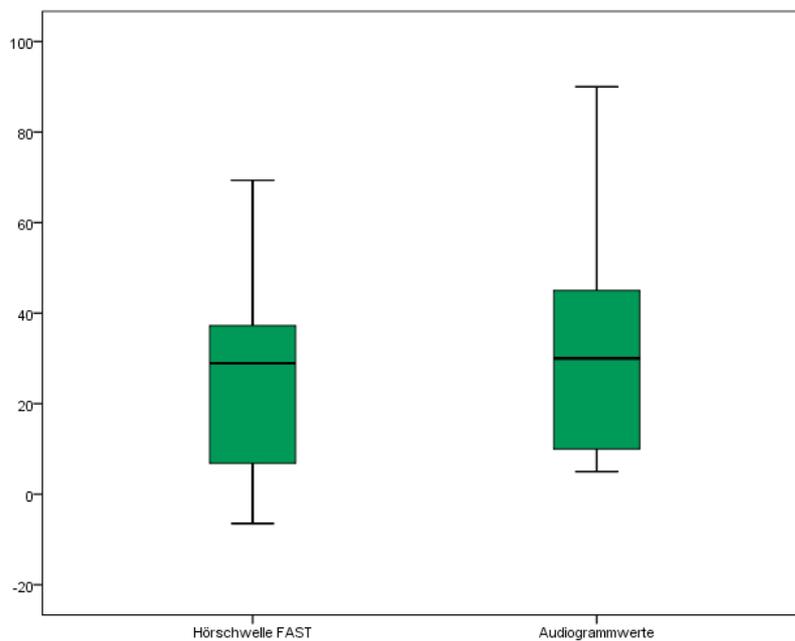


Abbildung Nr. 18: Boxplot zum Vergleich der Verteilung der Hörschwellen des FAST4 und Audiogramms bei schwerhörigen Erwachsenen. Genaue Erklärung eines Boxplots siehe Abbildung Nr. 9.

5.3. Vergleich der beiden Testverfahren FAST4 und Audiogramm

Allgemeine Definitionen:

Die *Nullhypothese* (H0) lautet: es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen dem FAST4-Test und dem Audiogramm.

Die *Alternativhypothese* (H1) lautet: die Nullhypothese wird verworfen. Das heißt, dass ein Unterschied zwischen dem FAST4-Test und dem Audiogramm besteht.

p-Wert > 0.05 = keine Signifikanz. Annahme der Nullhypothese.

p-Wert < 0.05 = Signifikanz. Annahme der Alternativhypothese.

95%-Konfidenzintervall (1,96xSD): es liegen tatsächlich 95% der Probanden im Vertrauensintervall.

Die vorher festgelegte *Irrtumswahrscheinlichkeit* (Signifikanzniveau) beträgt 5% ($\alpha=0,05$).

Standardfehler: Streuungsmaß für den Mittelwert.

Zum Vergleich der beiden Testverfahren wurde das s.g. Mixed Modell (Gemischte Modell-SPSS) angewandt. Hierbei können komplexe, nicht übereinstimmende Daten, unterschiedlicher Gruppen mit ungleichen Variablen verglichen werden. Das heißt, dass verschiedene Aspekte einer Datenmenge gleichzeitig mit in die Messung eingehen, sodass die statistische Auswertung auf alle möglichen Effekte in diesem Modell angeglichen werden kann. Berücksichtigt werden sowohl feste als auch zufällige Effekte. Daher bietet das Gemischte Modell nicht nur die Möglichkeit Mittelwerte zu vergleichen, sondern auch ihre Varianzen und Kovarianzen.

Die abhängige Variable bestand in diesem Falle aus den Hörschwellen des FAST4-Testes und des Audiogramms, die quantitativ war. Linear dazu gab es die festen Faktoren Alter, Geschlecht, Hörschwellen des Hoch- und Tieftonbereichs und der Vergleich FAST4-Audiogramm, die kategorial waren. Der Mittelwert der Variable Hörschwellen des FAST4-Testes und des Audiogramms wurde von den festen Effekten bestimmt. Einerseits wurden die festen Effekte mehrfaktoriell gegenübergestellt, um alle Wechselwirkungen untereinander zu analysieren. Andererseits wurden 2-fach Wechselwirkungen der Variablen erzeugt, da jegliche Kombination der Faktoren einen Einfluss auf die abhängige Variable haben kann. Als zufälliger Effekt wurde ein konstanter Term, die Patienten-ID, mit eingeschlossen.

Zunächst wurden alle Variablen auf Wechselwirkungen überprüft. Danach fand eine schrittweise Elimination der nicht signifikanten Effekte aus dem Mixed Modell statt, da

sie keinen Einfluss auf die abhängige Variable hatten, bis nur noch signifikante Variablen übrig blieben.

Primär wurde in Abhängigkeit der signifikanten Variablen jeweils für den FAST4-Test und für das Audiogramm ein geschätzter Mittelwert der Hörschwellen, Standardfehler und das 95%-Konfidenzintervall mit Unter- und Obergrenze ermittelt. Sekundär wurde durch paarweise Vergleiche die Differenz der geschätzten Mittelwerte vom FAST4-Test und Audiogramm berechnet. Außerdem wurden der zugehörige Standardfehler, der p-Wert und das 95%-Konfidenzintervall der Differenz mit Angabe der Unter- und Obergrenze berechnet.

5.3.1. Kinder

5.3.1.1. Normalhörige Kinder

Sowohl für Test 1 als auch für Test 2 zeigte sich bei den normalhörigen Kindern, dass einige der festen Faktoren einen Einfluss auf die Hörschwellen des FAST4-Testes und des Audiogramms hatten. Somit waren einerseits die mehrfaktoriellen Variablen Alter, Hörschwellen des Hoch- und Tieftonbereichs und der Vergleich FAST4-Audiogramm als auch die 2-fachen Variablen Vergleich FAST4-Audiogramm*Alter und Vergleich FAST4-Audiogramm*Hörschwellen des Hoch- und Tieftonbereichs signifikant.

Schaut man sich nun die geschätzten Mittelwerte der Hörschwellen beider Testverfahren an, so sieht man Unterschiede zwischen den einzelnen Altersklassen als auch zwischen dem Hoch- und Tieftonbereich. Bei den Kindern unter vier Jahren waren die Mittelwerte der Hörschwellen des FAST4-Testes deutlich höher als die der Audiogramme. Sie zeigten Hörschwellen über 20 dB HV, welche definitionsgemäß nicht als normalhörig, sondern als schwerhörig anzusehen sind. Zu einem Umbruch kam es ab dem Alter von 4 Jahren, sodass die Hörschwellen niedriger waren als die der Audiogramme. Wären jedoch die Audiogrammhörschwellen der Normalhörigen mit 0 dB HV angegeben worden, so hätte man hier annähernd keinen Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Testverfahren sehen können.

Vergleicht man die Hochton- mit den Tieftonmittelwerten so zeigten sich bei Test 1 und 2 bessere Hörschwellen von 3 bis 5 dB HV im Hochtonbereich.

Tabelle Nr. 6: Geschätzte Mittelwerte der Hörschwellen des FAST4-Testes und des Audiogrammes in dB HV für Tief- und Hochtonbereich bei Test 1 und 2 bei normalhörigen Kindern entsprechend ihrer Altersklassen.

		Mittelwert (dB HV)			
		Test 1		Test 2	
Altersklassen	Hörtest	Tiefton	Hochton	Tiefton	Hochton
2,5-3,0 Jahre	FAST	37,247	32,98	31,371	27,751
	Audiogramm	12,593	12,635	10,736	10,632
3,0-3,5 Jahre	FAST	25,813	21,546	20,784	17,164
	Audiogramm	11,439	11,48	10,505	10,401
3,5-4,0 Jahre	FAST	20,343	16,076	20,899	17,279
	Audiogramm	10,791	10,833	11,027	10,924
4,0-5,0 Jahre	FAST	10,645	6,377	13,289	9,669
	Audiogramm	10,533	10,575	10,837	10,734
5,0-7,0 Jahre	FAST	5,838	1,57	7,209	3,589
	Audiogramm	9,768	9,809	10,566	10,462
7,0-10,0 Jahre	FAST	2,74	-1,527	4,069	0,449
	Audiogramm	10,413	10,455	10,278	10,174

Der Standardfehler war mit maximal 3,5 bei den Kindern unter 3,5 Jahren akzeptabel. Ab der Altersgruppe 3,5-4,0 Jahre war die Streuung der Mittelwerte bei Test 1 mit einem Standardfehler zwischen 1,4 und 1,8 gering. Die Werte reichten um 3-4 dB HV nach oben und unten. Unter Test 2 kam es zu einem leicht höheren Standardfehler von 1,8-2,0.

Auch bei den Differenzen der geschätzten Mittelwerte des FAST4-Testes und der Audiogramme sah man Unterschiede zwischen den Altersklassen, was verdeutlicht, wie abhängig der Mittelwert vom Alter bei normalhörigen Kindern war. Die Differenzen der Mittelwerte reichten von 5,2 dB HV bis 24,7 dB HV. Die einzigen Altersklassen, bei der die Differenz unter 4 dB HV und ein $p\text{-Wert} > 0,05$ vorlag, war die Gruppe der 4,0-5,0-Jährigen im Tieftonbereich bei Test 1 & 2 und im Hochtonbereich bei Test 2 und die Gruppe der 5,0-7,0-Jährigen im Tieftonbereich bei Test 2. Da dies ein geschätzter Wert war, betrachtet man das 95%-Konfidenzintervall. Die akzeptable Differenz von 5 dB HV traf zu und unterstreicht, dass die beiden Tests äquivalent waren und die Nullhypothese nicht verworfen werden konnte. Schlussfolgernd unterschied sich der FAST4-Test nicht vom Audiogramm in der Altersgruppe der 4,0-5,0 Normalhörigen mit

Ausnahme des Hochtonbereichs bei Test 1 und im Tieftonbereich bei Test 2 der 5,0-7,0 Normalhörigen. Alle anderen Bereiche zeigten eine Signifikanz $p < 0,05$, sodass die Alternativhypothese zutrif und kein Zusammenhang zwischen dem FAST4-Test und dem Audiogramm mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $< 5\%$ bestand.

Tabelle Nr. 7: Durch paarweise Vergleiche der geschätzten Mittelwerte der Hörschwellen des FAST4-Testes mit den Hörschwellen der Audiogramme erhält man die Differenz der Mittelwerte in dB HV. Angabe in Abhängigkeit der Altersklassen bei normalhörigen Kindern für Test 1 und 2 im Tiefton- und Hochtonbereich.

Altersklassen	Differenz der Mittelwerte (dB HV)			
	Test 1		Test 2	
	Tiefton	Hochton	Tiefton	Hochton
2,5-3,0 Jahre	24,655	20,345	20,635	17,118
3,0-3,5 Jahre	14,374	10,065	10,280	6,763
3,5-4,0 Jahre	9,552	5,243	9,871	6,355
4,0-5,0 Jahre	0,112	-4,197	2,451	-1,065
5,0-7,0 Jahre	-3,930	-8,239	-3,357	-6,873
7,0-10,0 Jahre	-7,673	-11,982	-6,209	-9,726

In den Gruppen der Normalhörigen Kinder über 4 Jahren wurden bei beiden Tests überwiegend Hörschwellen unter 20 dB HV gemessen, die mit einer Normalhörigkeit vereinbar waren (siehe Abb. Nr.9) Betrachtete man nun die Differenzen der einzelnen Altersgruppen, so fiel auf, dass diese sich mit vereinzelt Ausnahmen im negativen Bereich befanden, da bei den Audiogrammen vermehrt höhere Hörschwellen gemessen wurden. Wie im unteren Graphen sichtbar, kam es bei den normalhörigen Kindern unter 4 Jahren zu einer großen Streuung der Differenzen FAST versus Audiogramm von -20,0 dB HV bis 60,0 dB HV.

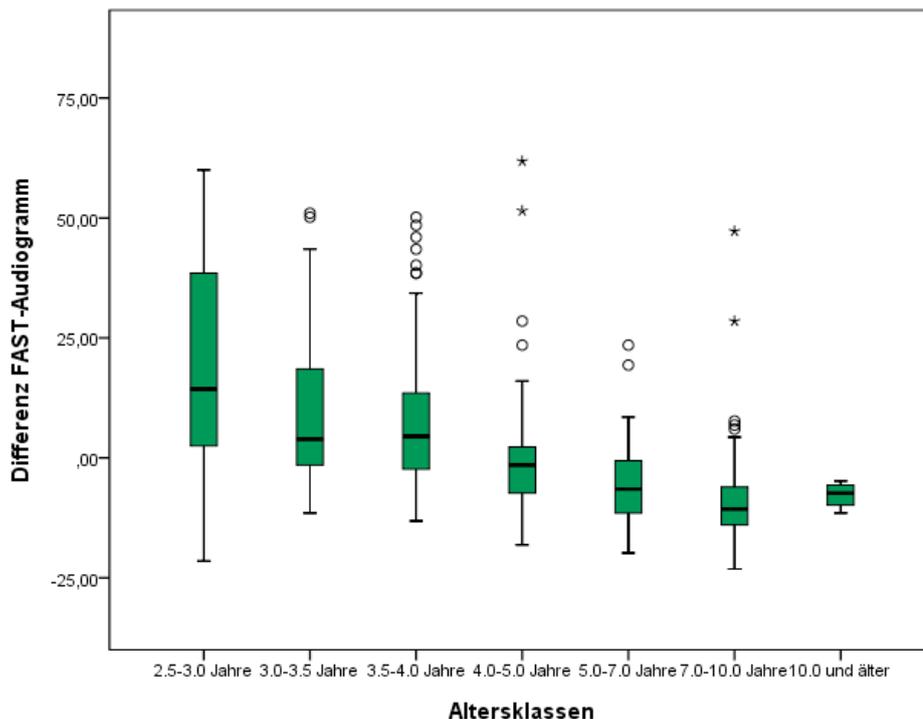


Abbildung Nr. 19: Boxplot zum Vergleich der Verteilung bei den Differenzen der Hörschwellen FAST4-Audiogramm bei normalhörigen Kindern in Bezug auf die verschiedenen Altersklassen. Genaue Erklärung eines Boxplots siehe Abbildung Nr. 9.

5.3.1.2. Schwerhörige Kinder

5.3.1.2.1. Test 1

Weder der Faktor Alter noch der Faktor Hörschwellen des Hoch- und Tieftonbereichs hatten bei schwerhörigen Kindern mit Test 1 einen Einfluss auf die Hörschwellen des FAST4-Testes und des Audiogramms. Lediglich der Vergleich FAST4-Audiogramm war mit einem p-Wert von 0,002 signifikant. Der geschätzte Mittelwert der Hörschwellen des FAST4-Testes betrug 21,04 dB HV und der der Audiogramme 24,48 dB HV. Die Streuung der Werte hielt sich mit einem Standardfehler von 1,61 und 1,59 in Grenzen, sodass beide Tests im Mittel eine Abweichung von 3 dB HV nach oben und unten aufwiesen. Die Differenz der Mittelwerte FAST4-Test minus Audiogramm betrug -3,44 dB HV mit einem Standardfehler von 1,09. In Wirklichkeit aber unterschieden sich die beiden Testverfahren anhand des 95%-Konfidenzintervalls mit einer Untergrenze um -5,59 dB HV und einer Obergrenze um 1,28 dB HV. Dies wurde mittels einer vorliegenden Signifikanz (p-Wert 0,002) bestätigt. Die Alternativhypothese traf zu, die beiden Tests unterschieden sich trotz einer nur minimal überschreitenden Abweichung der 5 dB HV Grenze.

5.3.1.2.2. Test 2

Die beeinflussenden Faktoren bei Test 2 unterschieden sich geringfügig von Test 1, da zusätzlich nur das Alter mit einem p-Wert von 0,012 signifikant war. Erstaunlicherweise war der Vergleich FAST4-Audiogramm nicht signifikant. Zumal er der Faktor mit der höchsten Relevanz war, wurde er in der Datenauswertung beibehalten. Bei Test 2 glichen die Mittelwerte der Hörschwellen des FAST4-Testes annähernd denen des Audiogramms.

Tabelle Nr. 8: Mittelwerte der Hörschwellen des FAST4-Testes und des Audiogramms in dB HV bei Test 2 der schwerhörigen Kinder entsprechend der Altersklassen.

Altersklassen	FAST (dB HV)	Audiogramm (dB HV)
2,5-3,0 Jahre	27,716	27,182
3,0-3,5 Jahre	25,71	25,176
3,5-4,0 Jahre	29,9	29,366
4,0-5,0 Jahre	34,306	33,772
5,0-7,0 Jahre	36,726	36,192
7,0-10,0 Jahre	20,754	20,22
> 10,0 Jahre	16,835	16,301

Die Differenz betrug im Mittel für alle Altersklassen -0,53 dB HV mit einem geringen Standardfehler von 1,62 und einem p-Wert von 0,74. Dementsprechend waren die beiden Hörtests bei schwerhörigen Kindern äquivalent, da das wahre 95%-Konfidenzintervall von -2,65 dB HV bis 3,72 dB HV reichte. Der Test 2 war mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht signifikant. Folglich traf die Aussage der Nullhypothese zu, dass ein Zusammenhang zwischen den Hörschwellen des FAST4-Testes und den Audiogrammen bei schwerhörigen Kindern bestand.

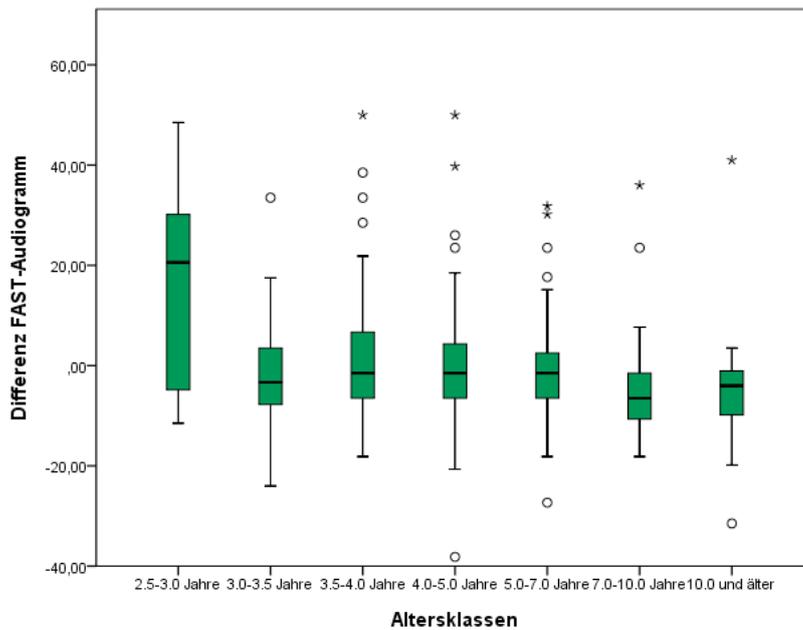


Abbildung Nr. 20: Boxplot zum Vergleich der Verteilung bei den Differenzen der Hörschwellen FAST4-Audiogramm bei schwerhörigen Kindern in Bezug auf die verschiedenen Altersklassen. Genaue Erklärung eines Boxplots siehe Abbildung Nr. 9.

5.3.1.3. Bland-Altman-Diagramm

Das Bland-Altman-Diagramm verdeutlicht auf eine einfache Weise die Streuung der Hörschwellen des FAST4 und des Audiogramms. Es ist ideal zum Vergleich neuer Testverfahren mit dem Goldstandard. Zudem ist es einfacher zu interpretieren als Streudiagramme, da diese oft fehlgedeutet werden. Im folgenden Diagramm kommt es im Bereich der normalhörigen Hörschwellen zu einer gleichmäßigen Streuung der Mittelwerte um den Mittelwert der Differenz der beiden Methoden. Der Drift nach rechts erklärt sich durch die beim FAST4-Test überwiegend negativen und beim Audiogramm positiven Hörschwellen. Eine starke Abweichung in Richtung einer Differenz größer als 25 dB HV sieht man zwischen den Mittelwerten 20 bis 40 dB HV. Diese Ausreißer befinden sich in den Altersgruppen unter vier Jahren (80).

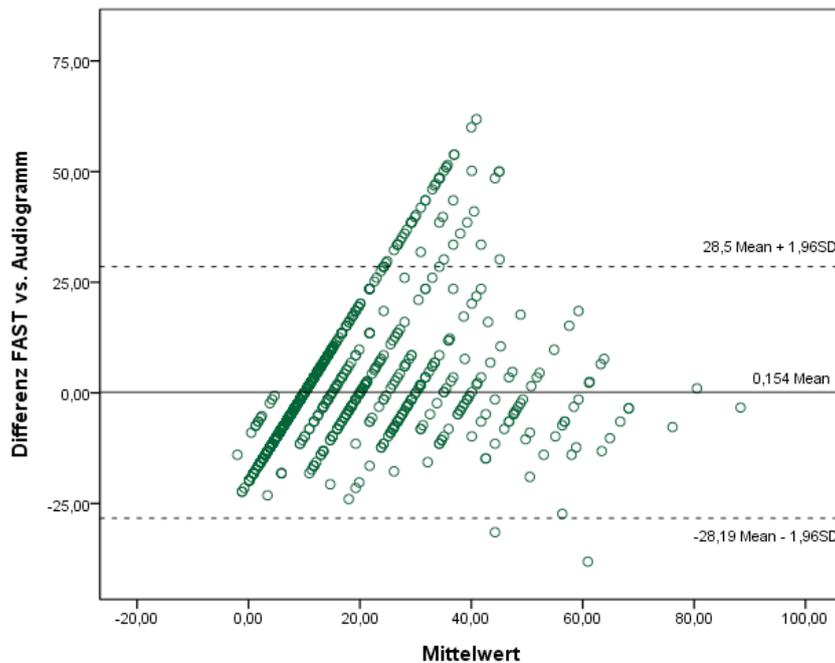


Abbildung Nr. 21: Bland-Altman Diagramm. X-Achse: Mittelwert der Hörschwellen in dB HV aus dem FAST-Test und den Audiogrammen der Kinder. Y-Achse: Mittelwert der Differenz der Hörschwellen aus dem FAST-Test und den Audiogrammen der Kinder. Mean: Mittelwert der Differenz. Mean+1,96xSD: Mittelwert der Differenz plus 1,96x Standardabweichung der Differenz. Mean-1,96xSD: Mittelwert der Differenz minus 1,96x Standardabweichung der Differenz.

5.3.2. Erwachsene

5.3.2.1. Normalhörige Erwachsene

Die mehrfaktoriellen festen Effekte Alter und Vergleich FAST4-Audiogramm und die 2-fachen Effekte Alter*Vergleich FAST4-Audiogramm haben einen signifikanten Einfluss auf die Hörschwellen des FAST4-Testes und des Audiogramms bei den normalhörigen Erwachsenen gehabt. Die Mittelwerte der Hörschwellen der beiden Hörtests näherten sich zunehmend mit steigendem Alter. Wie in Abbildung Nr. 13 zu sehen lagen die Hörschwellen des FAST4-Testes in der Gruppe der 20-40-Jährigen überwiegend im negativen Bereich, wodurch die Differenz der Hörschwellen vergrößert wurde. Die Hörschwellen bei den älteren Probanden lagen um die 10 dB HV. Mit dem Ergebnis, dass die Differenz der Hörschwellen abnahm. Wiederum nahm der Standardfehler mit steigendem Alter zu. So lag er bei den 20-40-Jährigen für Test 1 noch bei 0,89 und bei den 60-90-Jährigen bereits bei 2,53. Die Streuung der Mittelwerte bei Test 2 wies nahezu gleiche Werte auf.

Tabelle Nr. 9: Geschätzte Mittelwerte der Hörschwellen des FAST4-Testes und der Audiogramme in dB HV bei normalhörigen Erwachsenen für Test 1 und 2 entsprechend den Altersklassen.

		Mittelwert (dB HV)	
		Test 1	Test 2
20-40 Jahre	FAST	-3,167	-3,352
	Audiogramm	8,125	8,722
40-60 Jahre	FAST	4,854	3,292
	Audiogramm	8,875	10
60-90 Jahre	FAST	9,125	-
	Audiogramm	11,25	-

Normalhörige Erwachsene aus der Gruppe der 60-90-Jährigen haben nicht bei Test 2 teilgenommen, da die Unterteilung in Altersklassen erst nach der Durchführung der Hörtests festgelegt wurde.

Die Differenz der Mittelwerte war bei den jüngeren Normalhörigen Erwachsenen mit -11,29 dB HV und -12,07 dB HV so hoch, dass hier eine Signifikanz für die Gruppe der 20-40-Jährigen bei Test 1 und 2 vorlag. Außerdem traf dies für die Gruppe der 40-60-Jährigen bei Test 2 zu. Für diese Gruppen musste die Nullhypothese verworfen werden. Die Alternativhypothese trat ein, was bedeutet, dass es keinen Zusammenhang zwischen dem FAST4-Test und dem Audiogramm gab. Jedoch war mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% bei Test 1 die Gruppe der 40-60-Jährigen mit 0,089 und die Gruppe der 60-90-Jährigen mit 0,521 nicht signifikant. Hierbei traf die Nullhypothese zu. Der FAST4-Test und das Audiogramm unterschieden sich nicht. Das 95%-Konfidenzintervall bestätigte die vorliegende Äquivalenz mit einem Intervall bei den 40-60-Jährigen von -8,66 dB HV bis 0,62 dB HV und bei den 60-90-Jährigen von -8,69 dB HV bis 4,44 dB HV.

Tabelle Nr. 10: Durch paarweise Vergleiche der geschätzten Mittelwerte der Hörschwellen des FAST4-Testes mit den Hörschwellen der Audiogramme erhält man die Differenz der Mittelwerte in dB HV. Angabe in Abhängigkeit der Altersklassen bei normalhörigen Erwachsenen für Test 1 und 2.

	Differenz der Mittelwerte (dB HV)	
	Test 1	Test 2
20-40 Jahre	-11,292	-12,074
40-60 Jahre	-4,021	-6,708
60-90 Jahre	-2,125	-

5.3.2.2. Schwerhörige Erwachsene

5.3.2.2.1. Test 1

Die zweifache Wechselwirkung Hörschwellen des Hoch- und Tieftonbereichs*Alter und Vergleich FAST4-Audiogramm wurden für Test 1 bei schwerhörigen Erwachsenen als feste Effekte angesehen. Betrachtete man die geschätzten Mittelwerte, so sah man Differenzen zwischen den Hörschwellen des FAST4-Testes und der Audiogramme um die 8 dB HV. Der Standardfehler wies für den Hoch- und Tieftonbereich keinen Unterschied auf, aber nahm im Vergleich zu den normalhörigen Erwachsenen mit dem Alter ab. So lag er bei den 20-40-Jährigen bei 9,22 und bei den 60-90-Jährigen bei 6,65. Dementsprechend wiesen die 95%-Konfidenzintervalle eine große Streuung auf.

Tabelle Nr. 11: Geschätzte Mittelwerte der Hörschwellen des FAST4-Testes und der Audiogramme in dB HV bei schwerhörigen Erwachsenen für Test 1 entsprechend den Altersklassen.

		Mittelwerte (dB HV)	
		Tiefton	Hochton
20-40 Jahre	FAST	15,889	5,576
	Audiogramm	23,444	13,132
40-60 Jahre	FAST	20,819	19,222
	Audiogramm	28,375	26,778
60-90 Jahre	FAST	13,285	34,451
	Audiogramm	20,84	42,007

Die beiden Tests unterschieden sich im Mittel sowohl im Hoch- und Tieftonbereich als auch in den verschiedenen Altersklassen um 7,56 dB HV. Da dies ein geschätzter Wert war, betrachtete man das 95%-Konfidenzintervall, woran man sah, dass sich die Tests in Wirklichkeit um 0,33 dB HV bis 14,78 dB HV unterschieden. Sie unterschieden sich aber in keinem Fall um weniger als 5 dB HV, welches die akzeptable Differenz wäre, um zu behaupten, dass die Tests äquivalent wären. Dies spiegelte sich auch in dem vorliegenden p-Wert von 0,041 wider, sodass die Nullhypothese verworfen wurde. Schlussfolgernd bestand kein Zusammenhang zwischen dem FAST4-Test und dem Audiogramm bei Test 1 der schwerhörigen Erwachsenen.

5.3.2.2.2. Test 2

Lediglich der feste Effekt Hörschwellen des Hoch- und Tieftonbereichs hatte einen Einfluss auf die abhängige Variable Hörschwellen des FAST4-Testes und des Audiogramms. Der Vergleich FAST4-Audiogramm zeigte zwar keine Signifikanz, musste

aber in der Analyse beibehalten werden, da er für die Auswertung relevant war. Der geschätzte Mittelwert beim Test 2 der Erwachsenen betrug für die Hörschwellen des FAST4-Testes 33,96 dB HV und der Audiogramme 36,75 dB HV. Das 95%-Konfidenzintervall mit einer Untergrenze von 23,86 dB HV und einer Obergrenze von 44,05 dB HV kam durch den großen Standardfehler 4,57 zustande.

Durch den paarweisen Vergleich der beiden Hörtests ergab sich eine Differenz der Mittelwerte von -2,79 dB HV. In Realität bestand aber eine Differenz von -8 dB HV bis 2,42 dB HV (95%-Konfidenzintervall) mit einem Standardfehler von 2,61. Der p-Wert von 0,29 war nicht signifikant. Somit bestand mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit geringer als 5% kein Unterschied zwischen dem FAST4-Test und dem Audiogramm bei Test 2 der schwerhörigen Erwachsenen.

5.3.2.3. Bland-Altman-Diagramm

In dem unten abgebildeten Bland-Altman Diagramm wird das Ausmaß der Streuung von den Differenzen der Hörschwellen FAST4-Test und Audiogramm dargestellt. Im Bereich der Normalhörigen ist durch die leichte Driftung der Kreise nach rechts oben klar zu sehen, dass vermehrt negative Hörschwellen beim FAST4-Test und positive beim Audiogramm gemessen wurden. D.h., dass allgemein höheren Messwerte beim Audiogramm als beim FAST4 gemessen wurden. Bei den Schwerhörigen verteilt sich die Streuung allerdings gleichmäßiger. Der Mittelwert von -7,86 verdeutlicht dies ebenfalls.

Der Ausreißer nach unten ist ein Proband mit einer einseitigen Schwerhörigkeit, die aufgrund einer fehlenden Vertäubung zu einem Überhören auf das gesunde Ohr beim FAST4-Test führte. Der Ausreißer im positiven Bereich zeigte aus unerklärlichen Gründen auf einem Ohr im Hochtonbereich eine schlechtere Hörschwelle als im Audiogramm.

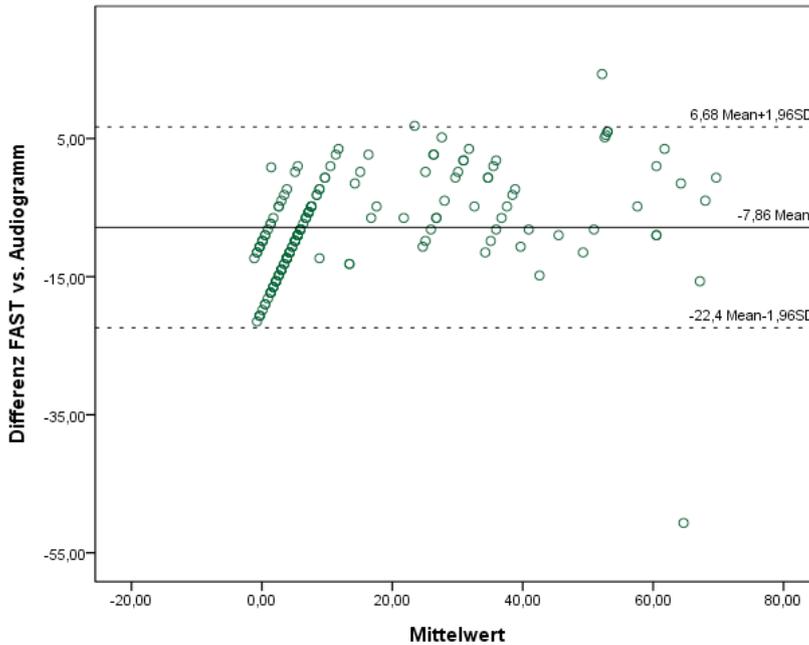


Abbildung Nr. 22: Bland-Altman Diagramm. X-Achse: Mittelwert der Hörschwellen in dB HV aus dem FAST-Test und den Audiogrammen der Erwachsenen. Y-Achse: Mittelwert der Differenz der Hörschwellen aus dem FAST-Test und den Audiogrammen der Erwachsenen. Mean: Mittelwert der Differenz. Mean+1,96xSD: Mittelwert der Differenz plus 1,96x Standardabweichung der Differenz. Mean-1,96xSD: Mittelwert der Differenz minus 1,96x Standardabweichung der Differenz.

5.4. Test abgebrochen

Der FAST4-Test wurde insgesamt bei 65 Kindern (23,9%) frühzeitig abgebrochen. Gründe dafür waren ungenügende Mitarbeit, Unkonzentriertheit, Nichtverstehen des Testes, Lustlosigkeit und die Dauer des Testes. Von den 65 konnte bei 29 Kindern überhaupt keine Hörschwelle gemessen werden, da der FAST4-Test erst nach drei Fehlern eine Hörschwelle berechnen kann. Bei den restlichen 36 Kindern wurde eine auffällige Hörschwelle gemessen. Da im Audiogramm eine Normalhörigkeit vorlag, sind diese nicht verwertbar. Zu einer Erhöhung der Hörschwelle kam es durch Unkonzentriertheit, sodass die Kinder Geräusche zum Teil falsch benannt oder überhört haben. Die höchsten Abbruchraten kamen in den Altersklassen 2,5-3,0 und 3,0-3,5 Jahren vor mit jeweils 76,5% (26 Kinder) und 63,2% (24 Kinder). Mit steigendem Alter gingen diese Zahlen drastisch zurück. Bereits in der Gruppe 3,5-4,0 Jahre lag die Rate nur noch bei 22,5% (9 Kinder) und bei den Kindern über 7 Jahren bei 0%.

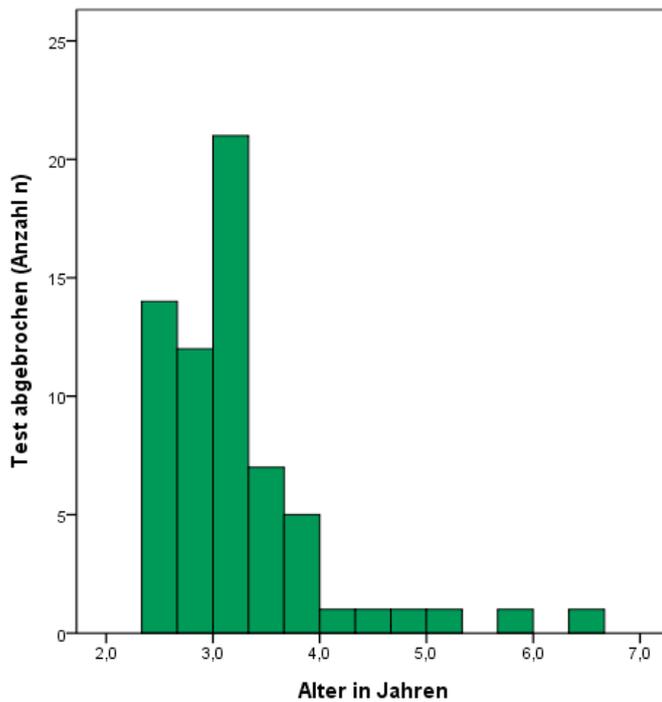


Abbildung Nr. 23: Histogramm: Anzahl n der Kinder bei denen der FAST4-Test frühzeitig abgebrochen wurde, aufgelistet nach Alter in Jahren.

5.5. Paukenerguss

Von den 272 Kindern hatten 72 einen im Tympanogramm nachgewiesenen Paukenerguss und 155 Kinder hatten keinen Paukenerguss. Bei 43 Kindern wurde keine Tympanometrie erstellt. 22 normalhörige und 50 schwerhörige Kinder hatten am Tag der Untersuchung des FAST4-Tests eine flache Kurve im Tympanogramm. Die Kinder mit Erguss waren überwiegend unter 5 Jahren. Bei 8 (88,9%) Schwerhörigen in der Gruppe der 2,5-3-Jährigen und bei 13 (92,9%) Schwerhörigen der 3,5-4,0-Jährigen war die im Audiogramm sichtbare Schwerhörigkeit primär auf einen Erguss zurückzuführen. Aber auch 6 (28,6%) der normalhörigen Kinder hatten in der Gruppe der 2,5-3,0-Jährigen einen Erguss, der im Audiogramm nicht zu einer Schwerhörigkeit führte.

Tabelle Nr. 12: Anzahl der Kinder mit und ohne Erguss in den verschiedenen Altersklassen bei Normal- und Schwerhörigen.

		kein Erguss		Erguss	
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Normalhörig	2.5-3.0 Jahre	16	94,1%	1	5,9%
	3.0-3.5 Jahre	15	71,4%	6	28,6%
	3.5-4.0 Jahre	17	85,0%	3	15,0%
	4.0-5.0 Jahre	18	81,8%	4	18,2%
	5.0-7.0 Jahre	17	85,0%	3	15,0%
	7.0-10.0 Jahre	22	84,6%	4	15,4%
	10.0 und älter	0	,0%	1	100,0%
	Gesamt	105	82,7%	22	17,3%
Schwerhörig	2.5-3.0 Jahre	1	11,1%	8	88,9%
	3.0-3.5 Jahre	3	27,3%	8	72,7%
	3.5-4.0 Jahre	1	7,1%	13	92,9%
	4.0-5.0 Jahre	10	45,5%	12	54,5%
	5.0-7.0 Jahre	16	80,0%	4	20,0%
	7.0-10.0 Jahre	11	73,3%	4	26,7%
	10.0 und älter	8	88,9%	1	11,1%
	Gesamt	50	50,0%	50	50,0%

5.6. Kopfhörer verweigert

Während der Testdurchführung haben 8 Kinder (2,9%) die Kopfhörer nicht akzeptiert. Trotz gutem Zusprechen und Hilfe der Eltern haben sie die Kopfhörer immer wieder vom Kopf gestülpt, sodass der FAST4-Test nicht durchgeführt werden konnte. Diese acht Kinder gehörten zu den jüngeren Altersklassen. Jeweils vier waren aus der Altersklasse 2,5-3,0 und 3,0-3,5 Jahre.

5.7. Dauer des Testes

Die Untersuchungszeit hat von Test zu Test sehr variiert. Unter anderem war sie abhängig von der Mitarbeit und Konzentrationsfähigkeit des Kindes. Im Mittel hat der Test 2 (15-dB-Schritte) 8,7 Minuten und der Test 1 (5-dB-Schritte) 11,15 Minuten auf beiden Ohren gedauert.

Für Test 1 betrug das Minimum 6 und das Maximum 18 Minuten. Während bei Test 2 das Minimum 4 und das Maximum 15 Minuten waren.

5.8. Diskrepanz Katze - Vogel

9 (21,95%) Erwachsene und 10 (2,72%) Kinder zeigten Schwierigkeiten die Katze vom Vogel zu differenzieren. Bei den Erwachsenen waren dies bis auf einen Probanden Schwerhörige und gehörten zu der älteren Altersgruppe 60-90 Jahre. Anfänglich kam es daher zu Falschangaben während dem Test. Dem Probanden wurde schließlich noch einmal erklärt, welches Geräusch die Katze und welches der Vogel sei, sodass keine Fehler mehr auftraten.

5.9. Intelligenztest

Insgesamt wurde bei 163 Kindern über vier Jahren entweder der BUEVA oder BUEGA angewendet und 109 Kinder wurden auf Auffälligkeiten im U-Heft untersucht. Bei 69 der Kinder konnte kein BUEGA oder BUEVA durchgeführt werden, da beide Testbatterien erst im Oktober 2008 nach Beginn der Studie vorlagen.

5.9.1. BUEVA

Der BUEVA wurde bei 78 Kindern durchgeführt. Wovon nur zwei Kinder eine leichte und ein Kind eine deutliche Auffälligkeit aufwiesen. Eines dieser Kinder besaß eine einseitige Schwerhörigkeit mit einer Hörschwelle von 60 dB HV.

5.9.2. BUEGA

Der BUEGA zeigte ein paar mehr auffällige Kinder. Von den 85 Probanden hatten drei einen knapp durchschnittlichen, drei eine leichte und zwei eine deutliche Auffälligkeit im Entwicklungsstatus. Eine Leistungsstörung trat bei einem normalhörigen Kind auf. Von den neun Kindern wiesen sieben eine Schwerhörigkeit (2 rechtsseitige-, 1 Hochton- und 4 beidseitige Schwerhörigkeiten) auf, wovon zwei der Kinder bereits in eine Förderschule gingen.

Die Dauer des BUEGA und BUEVA betrug ca. 3-7 Minuten.

Insgesamt zeigten bei den Kindern über vier Jahren zwölf eine knapp durchschnittliche bis schwergradige Verzögerung im Entwicklungsstatus. Dies waren 7,3% der Gesamtprobandenzahl.

Tabelle Nr. 13: Anzahl der Kinder bei denen ein BUEGA oder BUEVA durchgeführt wurde. Aufgeteilt nach den entsprechenden Entwicklungsstatus mit Angabe des T-Wertes.

T-Werte	Entwicklungsstatus	BUEVA		BUEGA		Gesamt	
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
> 60	Überdurchschnittlich	0	0%	4	2,45%	4	2,5%
43 – 59	Durchschnittlich	42	25,77%	32	19,63%	78	47,9%
40 – 42	Knapp durchschnittlich	0	0%	3	1,84%	3	1,8%
36 – 39	Leichte Auffälligkeit	2	1,23%	3	1,84%	5	3,1%
30 – 35	Deutliche Auffälligkeit	1	0,6%	2	1,23%	3	1,8%
< 29	Leistungsstörung	0	0%	1	0,61%	1	0,6%
Fehlender Wert		33	20,25%	40	24,54%	69	42,3%
Gesamt		78	47,85%	85	52,15%	163	100%

5.9.3. U-Heft

Bei 109 Kindern wurde das U-Heft auf Auffälligkeiten untersucht. Hierbei fanden sich bei mehr als der Hälfte der Kinder Abnormitäten, wovon 47,71% der Kinder eine Sprachentwicklungsverzögerung hatten. Nur bei 7 Kindern wurde die Angabe eines ihrem Alter nicht angemessenen Entwicklungsstatus im U-Heft gemacht. Diese Kinder hatten als Hauptdiagnose entweder eine allgemeine Entwicklungsverzögerung oder eine geistige Behinderung. Ein Kind hatte einen Ventrikelseptumdefekt.

Tabelle Nr. 14: Anzahl der Kinder unter vier Jahren, wo nach Auffälligkeiten in den Kinder-vorsorgeuntersuchungen gesucht wurde.

Eintrag im U-Heft	Anzahl	Prozent
unauffällig	50	45,87 %
SEV	52	47,71 %
Entwicklungsstatus nicht Alter entsprechend	7	6,42 %
Gesamt	109	100 %

6. Diskussion

Von den 272 getesteten Kindern zeigten sowohl normalhörige als auch schwerhörige Kinder ab einem Alter von vier Jahren auswertbare Ergebnisse. Bei den Kindern unter vier Jahren musste der Test gehäuft frühzeitig abgebrochen werden. Außerdem hatten die normalhörigen Kinder unter vier Jahren deutlich höhere Mittelwerte beim FAST4-Test im Vergleich zum Audiogramm (Differenz >20 dB), welche definitionsgemäß als schwerhörig anerkannt werden. Zu einer deutlichen Annäherung der Testergebnisse zwischen FAST4 und Audiogramm kam es bei den schwerhörigen Kindern. Ein Zusammenhang der beiden Tests besteht bei Test 2, jedoch nicht bei Test 1. Bei den Kindern über vier Jahren und den Erwachsenen lag annähernd kein Unterschied zwischen den Hörschwellen des FAST4-Tests und denen der Audiogramme vor.

Im Folgenden werden diese Ergebnisse diskutiert:

6.1. Zur Bedeutung eines Hörscreenings im Vorschulalter

Screeningverfahren sind Suchtests, um Auffälligkeiten aus einer bestimmten Personengruppe herauszufiltern. Optimal wird ein Screening durch eine hohe Sensitivität und eine niedrige Spezifität bestimmt. Das Neugeborenen-Hörscreening (UNHS) zählt zu diesen und ist seit 2009 in Deutschland obligatorisch (25). Auch wenn Neugeborene bei den Untersuchungen des Neugeborenen-Hörscreenings unauffällig sind, bedeutet dies nicht, dass eine Schwerhörigkeit zu hundert Prozent ausgeschlossen werden kann (35, 40). Einerseits treten Schallleitungsschwerhörigkeiten im Rahmen einer Tubenbelüftungsstörung oder einer Otitis Media erst im Alter von sechs Monaten bis vier Jahren auf (27, 77). Andererseits können Kinder mit leichten und mittleren Hochtonverlusten beim Neugeborenen-Hörscreening nicht immer identifiziert werden (20, 41). Kinder mit geringen Schwerhörigkeiten fallen oft erst im späteren Alter durch eine Sprachentwicklungsverzögerung auf, da sie leise Geräusche und Flüstersprache oft noch verstehen können und nur Hörschwierigkeiten aufweisen, wenn sie von hinten angesprochen werden. Bess et al. zeigten, dass bereits milde Schwerhörigkeiten von 20-30 dB HV bei Kindern zu Schwierigkeiten bei erzieherischen Maßnahmen und zu einer Minderung sozialer und emotionaler Kompetenz führen können (41). Die Erkennung von Tieftonschwerhörigkeiten erweist sich sowohl im UNHS als auch im Follow-up als besonders schwierig. Hoth empfiehlt hierbei als diagnostische Methode die low-chirp BERA (87). Die Hochtonschwerhörigkeit bei Kindern zählt auch zu den Schwerhörigkeiten, die

beim UNHS leicht übersehen werden. Die Kinder fallen daher durch eine unverständliche bzw. undeutliche Sprache auf, da manche Konsonanten, die für das Verstehen von Sprache von besonderer Relevanz sind, im Hochtonbereich liegen (20, 53).

Außerdem unterscheidet man s.g. „late-onset“ Schwerhörigkeiten, die unter anderem durch Ototoxika oder Asphyxie auftreten können.

Bereits in mehreren Studien wurde die Wichtigkeit eines Vorschulhörscreenings bestätigt (28, 34, 51, 52, 75). Vor allem ist Großbritannien ein großer Vorreiter auf diesem Gebiet (28, 51, 52). Fortnum et al. erfasste bei einem Probandenkollektiv mit Schwerhörigkeiten >40 dB HV eine doppelt so hohe Prävalenz bei Kindern mit neun Jahren als nach dem UNHS. Dies würde bedeuten, dass nur jedes zweite schwerhörige Schulkind durch das UNHS ermittelt wurde (51). Fonseca et al. testeten über 100.000 Grundschulkinder im Rahmen eines Hörscreenings in Großbritannien. Trotz einer Nichtteilnehmer-rate von 23% wurde bei 2,2% der Kinder eine neue Hörstörung entdeckt (28). Watkin et al. führte ein Screening bei Kindern im ersten Schuljahr durch. 130 der Kinder hatten eine Schwerhörigkeit mit einer Prävalenz von 3,64/1000. Von diesen wurden aber nur 90 mit einer Prävalenz von 2,52/1000 während dem UNHS entdeckt. Die neu entdeckten Schwerhörigkeiten waren überwiegend einseitig und von geringem Grad (52). In China wurde kürzlich von Lü et al. ein Vorschulscreening bei Kindern mit vorherigem unauffälligen UNHS durchgeführt. Hierbei fand sich eine Inzidenz für Schwerhörige von 0,75/1000, ähnlich der beim UNHS, sodass auch hier eine Steigerung um 100% vorlag (34). Im deutschsprachigen Raum wurde ein Vorschulscreening bis jetzt nur in Tirol durchgeführt. Die Kindergartenkinder wurden mithilfe eines Audiogramms getestet. Leider kam es bei einem Drittel der HNO-Nachuntersuchung zu einem falsch positiven Ergebnis. Dies mag einerseits an der hohen Rate von Schalleitungsstörungen oder an den noch zu unerfahrenen Untersuchern, die sich noch in der Ausbildung befanden, gelegen haben (76).

Eine alleinige Hörprüfung im Rahmen des Neugeborenenhörscreenings ist somit nicht ausreichend. Die Einführung eines zusätzlichen obligatorischen deutschlandweiten Hörscreenings im Vorschulalter wird bereits von mehreren Seiten gefordert. Mit diesem Screening könnte man unter anderem die „lost to follow up“ (31,3% in Hamburg) und primär unauffälligen Kinder des Neugeborenencreenings erreichen (47). Dennoch müssten diese Kinder in einem früheren Tracking bereits erfasst werden. Nur durch regelmäßige Kontrollen des Gehörs lässt es sich gewährleisten, dass Kinder mit einer

progredienten Hörstörung rechtzeitig erfasst werden und ihnen eine entsprechende Therapie und sprachliche Förderung ermöglicht wird.

Ob der FAST4-Test als Messmethode für ein Hörscreening im Vorschulalter geeignet ist, wird in den folgenden Kapiteln diskutiert.

6.2. Vergleich der Testergebnisse zwischen FAST4-Test und Audiogramm

Ziel der Studie war es das Testverfahren FAST4 daraufhin zu untersuchen, ob es zur Screeninguntersuchung bei Kindern zwischen 2,5 und 10 Jahren geeignet ist. Deshalb wurden die gemessenen Hörschwellen des FAST4 mit dem Goldstandard der Audiologie, dem Reintonaudiogramm verglichen.

Der FAST4-Test ließ sich gut in den regulären Tagesablauf der Poliklinik für Hör-, Stimm- und Sprachheilkunde und der Gemeinschaftspraxis für Hör-, Stimm- und Sprachheilkunde Swiridoff Röhrs Malligsen einbauen. Von Seiten der Eltern der Kinder und den erwachsenen Probanden war nach Aufklärung die Akzeptanz des FAST4-Tests sehr hoch. Nur fünf Eltern verweigerten die Mitarbeit aufgrund von Zeitmangel. Die Eltern waren während der Untersuchung anwesend und konnten sich somit ein Bild von dem Test machen. Durch vorherige Mitteilung, dass das zuvor durchgeführte Reintonaudiogramm der Goldstandard der Hörtests sei, traten bei den Eltern keine Beunruhigungen auf, falls bei einem normalhörigen Kind eine auffällige Hörschwelle im FAST-4 Test gemessen wurde.

Die Erwartungen an die Zuverlässigkeit dieser Methode wurden durch die im Rahmen der Studie durchgeführten Untersuchungen erfüllt. Im Folgenden sollen die Ergebnisse dieser Studie anhand der Kinder und Erwachsenen diskutiert werden.

6.2.1. Kinder

6.2.1.1. Normalhörige Kinder

In der Gruppe der normalhörigen Kinder zeigten sich in den einzelnen Altersklassen zum Teil große Differenzen in den Mittelwerten der Hörschwellen zwischen dem FAST4-Test und dem Audiogramm. Zu einer Übereinstimmung der beiden Testverfahren kam es nur in der Altersgruppe der 5,0-7,0-Jährigen im Tieftonbereich bei Test 2 und der 4,0-5,0-Jährigen mit Ausnahme des Tieftonbereiches bei Test 1. Die Differenz der Testverfahren bei den Kindern unter vier Jahren kam durch schlechte Mitarbeit und mangelnde Konzentration zustande. Überraschend war, dass es zu einem Unterschied bis maximal 10 dB HV zwischen dem FAST4 und dem Audiogramm bei den normal-

hörigen Kindern über 5 Jahren kam. Diese Tatsache erklärte sich, da in der Hamburger Schule der Audiologie standardmäßig eine Normalhörschwelle mit 10 dB HV und nicht mit 0 dB HV angegeben wird. Wobei beim FAST4-Test eine Normalhörschwelle mit 0 dB HV angegeben wird. Die dabei entstehende Diskrepanz der Hörschwellen wird zusätzlich durch das gehäufte Messen negativer Hörschwellen beim FAST4-Test möglich. Wären die Audiogrammhörschwellen der Normalhörigen mit 0 dB HV angegeben worden, so wäre es nicht zu einem derartigen Unterschied der beiden Testverfahren gekommen.

Vergleichbar zum FAST4-Test ist das Vorläufermodell, der s.g. Adaptive Geräusch Test. Bei diesem Test gab es zusätzlich zu den vier Tierstimmen eine Fahrradklingel und das Geräusch von fließendem Wasser im Hochtonbereich und eine Wanduhr und einen Donner im Tieftonbereich. 98 normalhörige Kinder im Alter zwischen drei und zehn Jahren (Mittelwert 5,9 Jahre) wurden in der Studie Harzheim et al. in einem unruhigen Raum eines Kindergartens und einer Mittagsbetreuung getestet. 43% der Kinder mit einem überwiegenden Alter unter fünf Jahren zeigten eine Hörschwelle über 25 dB HV. Da aber eine Hörschwelle bereits ab 20 dB HV als auffällig gilt, müssten in dieser Studie mehr als 43% der Probanden eine auffällige Hörschwelle im AGT gehabt haben. 24% der Normalhörigen hatten eine Erkältung, welches die hohe Zahl der auffälligen Hörschwellen erklären würde. Zusätzlich könnte dies durch schlechte Mitarbeit der Kinder verstärkt worden sein. In dieser Gruppe fand kein Vergleich mit dem Audiogramm statt (42).

80 Kinder einer Kindertagesstätte wurden von Dudek sowohl mit dem Nachfolgemodell mFAST als auch mit einem Audiogramm auf ihr Gehör getestet. Von diesen gingen 44 in die Auswertung ein und es zeigte sich eine Differenz bis zu 10 dB HV zwischen den beiden Testverfahren (82).

Der in unserer Studie sichtbare Unterschied von 3-5 dB HV zwischen Hoch- und Tieftonbereich der Kinder machte sich sowohl bei der Vergleichsgruppe der Erwachsenen als auch beim AGT nicht bemerkbar. Dudek stellte ebenfalls eine Differenz von 4 dB HV zwischen dem Hoch- und Tieftonbereich fest (82). Diese Unterschiede sind zwar signifikant, klinisch betrachtet jedoch nicht sehr groß. Eine plausible Erklärung ist hierbei eine Fehleinstellung in der Kalibrierung. Ratsam ist es daher die Kalibrierung des Hochtonbereiches um 5 dB HV zu erhöhen. Ähnliche Resultate zeigten sich bei Hunter et al. (32) in einer Gruppe normalhöriger Kinder im Alter zwischen 6 und 10 Jahren. Hunter et al. testeten den Langzeiteffekt von Mittelohrerkrankungen speziell auf

den Hochtonbereich. Sie vermuteten, dass Erwachsene schlechtere Hörschwellen im Hochtonbereich haben als normalhörige Kinder, da Erwachsene mit hoher Wahrscheinlichkeit im Kindesalter unter Schallleitungsstörungen litten. Es ist bekannt, dass es nach chronischen Mittelohrproblemen im Kindesalter zu Abweichungen im Hochtonbereich kommen kann (33). Ein weiterer Erklärungsansatz könnte sein, dass Kinder vermutlich bessere Hörschwellen im Hochtonbereich haben als Erwachsene, da sie in ihrem bisherigen Leben weniger pathologischen Lautstärken ausgesetzt wurden. Schlussfolgernd beruhen die Differenzen zwischen Kindern und Erwachsenen auf unterschiedlich auditiven Bedingungen.

6.2.1.2. Schwerhörige Kinder

Die Differenz der Mittelwerte von Test 1 und 2 mit dem Audiogramm lagen bei den schwerhörigen Kindern für alle Altersklassen im tolerierten Messbereich. Trotzdem haben wir bei Test 1 eine Signifikanz aufgrund einer vorliegenden Untergrenze des 95%-Konfidenzintervalls mit 5,59 dB HV, die sich über der akzeptable Abweichung von 5 dB HV befindet, vorliegen. In dieser Gruppe gab es mehrere Kinder bei denen es zu einem Überhören, aufgrund einer einseitigen Schwerhörigkeit kam, sodass die vorliegende Abweichung vertretbar wäre. Würde man diese geringe Abweichung akzeptieren, so würden sich sowohl Test 1 als auch Test 2 bei schwerhörigen Kindern nicht vom Audiogramm unterscheiden. Im Vergleich zu den normalhörigen Kindern zeigten die schwerhörigen Kinder unter vier Jahren keine auffälligen Hörschwellen im FAST4-Test. Dies rechtfertigt sich einerseits durch die geringe Anzahl von 15 auswertbaren Hörschwellen. Andererseits kann es daran liegen, dass schwerhörige Kinder bereits auf die Durchführung von Hörtests getrimmt sind. Meyer et al. testeten 50 Kinder mit einer Schwerhörigkeit im Alter zwischen drei und acht Jahren mit dem mFAST am Cochlear Implant Centrum Hannover. Der Vergleich der mFAST Hörschwellen mit dem Audiogramm zeigte annähernd keinen Unterschied zwischen den beiden Testverfahren (81). Bei Harzheim et al. traten auffällige Hörschwellen schwerhöriger Kinder sogar bis zu einem Alter von sechs Jahren auf. Sie führten ihre Messungen im Freifeld bei 44 schwerhörigen Kindern (3,6-11 Jahre; Mittelwert 6,9) und 46 Kindern mit einer Mehrfachbehinderung (5-18 Jahre) an einer Förderschule für Hören und Kommunikation durch. Aufgrund des Teilnahme criteriums Tragen eines Hörgerätes während der Untersuchung oder Vorhandensein eines Cochlea-Implantates, konnten bei dieser Studie Kinder mit einer hochgradigen, bis an Taubheit grenzenden Schwerhörigkeit (Mittel-

wert 89/76 dB HV) teilnehmen. Dennoch zeigten 54% bzw. 52% eine auffällige Hörschwelle im AGT. Entweder die Kinder waren alle sehr unkonzentriert oder die Hörgeräte waren nicht richtig eingestellt. Zum Vergleich wurden nicht aktuelle Audiogramme aus den Akten der Kinder entnommen, die jedoch bei 34% fehlten. Diese Gegenüberstellung ist sinnlos, da die AGT-Schwelle mit und das Audiogramm ohne Hörhilfe gemessen wurde und dabei auftretende Diskrepanzen verständlich sind. Zusätzlich wurden die AGT-Werte mit der entsprechenden Aufblähkurve verglichen. Auch hier wurden wie bei uns für die jüngeren Kinder höhere Hörschwellen und für die Älteren zum Teil bessere Werte als in der Aufblähkurve gemessen. Begründbar wäre dies daran, dass die Tierstimmen den Kindern aus ihrer Umwelt bekannt sind. Der Sinuston beim Audiogramm ist jedoch fremd für sie. Es erscheint daher plausibler, dass die älteren Kinder eine bessere Konzentrationsfähigkeit und eine komplexere Denkfähigkeit besitzen als die Jüngeren (siehe Abschnitt „Test abgebrochen“).

Auffällige Differenzen zwischen Reintonaudiogramm und dem FAST4-Test stellten sich in einem deutlich besseren Ergebnis beim FAST4-Test bei 8 Kindern und einem Erwachsenen mit einer unilateralen Schwerhörigkeit dar. Diese Auffälligkeit ist auf ein Überhören zurückzuführen, da mit dem Fast4-Test keine Vertäubung des gesunden Ohres möglich war. Harzheim et al. erlebten dies sogar bei 41% der schwerhörigen Kinder. Kinder mit einer einseitigen Schwerhörigkeit zeigten auch bei anderen audiologischen Untersuchungsmethoden Schwierigkeiten. Unter anderem sind diese Kinder nicht in der Lage, bei VRA den Schallreiz adäquat zu lokalisieren. Moore et al. stellten auch fest, dass Wobbletöne schwieriger zu lokalisieren seien als das Schmalbandrauschen und somit Lichtreflexe weniger effektiv sind als Abbildungen von Tieren (19).

Betrachtet man zusammenfassend den Vergleich der beiden Testverfahren bei normal- und schwerhörigen Kinder, erweist sich ab einem Alter von vier Jahren der FAST4-Test als grundsätzlich anwendbar.

6.2.2. Erwachsene

6.2.2.1. Normalhörige Erwachsene

In der Vergleichsgruppe der normalhörigen Erwachsenen machte sich für Test 1 kein Unterschied zwischen dem FAST und dem Audiogramm in der Altersgruppe der 40-60-Jährigen und der 60-90-Jährigen erkennbar. Die Abweichung zwischen den beiden Testverfahren bei den jüngeren Altersgruppen erklärt sich, wie bereits bei den normal-

hörigen Kindern erwähnt, durch die Tatsache, dass eine Standardhörschwelle von 10 dB HV im Audiogramm angegeben wurde. Wären die Audiogrammhörschwellen der Normalhörigen auch hier mit 0 dB HV angegeben worden, so wäre es nicht zu einem Unterschied der beiden Testverfahren gekommen. Die älteren Probanden hatten wahrscheinlich aufgrund einer beginnenden Presbyakusis bereits einen deutlich höheren Mittelwert (siehe auch Abbildung Nr. 13) in den FAST-Hörschwellen, sodass sich die beiden Hörtests nicht voneinander unterschieden. Bei Probanden der Gruppe 60-90 Jahre wurde der Test 2 nicht angewandt, da die Altersklassen nach der Durchführung der Hörtests definiert wurden.

6.2.2.2. Schwerhörige Erwachsene

Überraschenderweise machte sich bei Test 1 eine mittlere Differenz von 7,56 dB HV zwischen den beiden Hörtests bemerkbar. Für diesen Unterschied gibt es zwei Erklärungsansätze. Zum einen befand sich in dieser Gruppe der Proband mit der unilateralen Schwerhörigkeit. Im Rahmen der Messung kam es zu einem Überhören von 50 dB HV auf das gesunde Ohr. Zum anderen gehörten zu dieser Gruppe vier Erwachsene mit einer im Audiogramm deutlich sichtbaren Hochtonschwerhörigkeit. Diese war im FAST4-Test weniger ausgeprägt. Betrachtet man die Hörschwellen im Hochtonbereich, so ist auffällig, dass beim FAST4 mit einem Mittelwert von 12,5 dB HV geringere Hörschwellen gemessen wurden. Die Frequenzanalyse der Tierstimmen aus dem Hochtonbereich beträgt ≥ 2 kHz. Befände sich somit der Hörverlust erst bei 4 kHz, so könnte er im FAST4-Test nicht sichtbar oder vermindert sein. Insgesamt kommt diese Diskrepanz bei fünf von neun Probanden des Test 1 vor, sodass der hier vorliegende Unterschied zwischen dem Audiogramm und dem FAST4-Test verständlich ist.

Es gibt keinen Unterschied zwischen Test 2 des FAST4-Tests und dem Audiogramm. In dieser Gruppe gab es nur einen Erwachsenen mit einer Hochtonschwerhörigkeit.

6.2.3. Vergleich Test 1 und Test 2

Die normalhörigen Probanden zeigten keine besonders auffälligen Unterschiede zwischen Test 1 und 2. Die Probanden unter 3,5 Jahren hatten bei Test 2 eine bessere Hörschwelle von maximal 5 dB HV zu Test 1 und die Probanden über 3,5 Jahre hatten bei Test 1 eine bessere Hörschwelle von maximal 3 dB HV zu Test 2. Die Vergleichsgruppe der normalhörigen Erwachsenen zeigte bei der Differenzierung zwischen Test 1 und 2 lediglich einen Unterschied von maximal 1,5 dB HV zugunsten von Test 2. Eine

deutliche Tendenz zu einer Test-Art liegt nicht vor, sodass man weder Test 1 noch Test 2 als besser ansehen kann.

Die schwerhörigen Kinder hatten eine bis zu 6 dB HV und die schwerhörigen Erwachsenen eine bis zu 15 dB HV bessere Hörschwelle bei Test 1. Jedoch stellt sich aufgrund der verschiedenen Grade der Schwerhörigkeiten eine einfache Differenzierung von Test 1 und 2 bei schwerhörigen Kindern und Erwachsenen als schwierig dar. Hier hätte eine weitere Einteilung nach den Graden einer Schwerhörigkeit stattfinden sollen. Dies könnte in einer weiteren Studie überprüft werden.

6.3. Test abgebrochen

Insbesondere bei den Kindern unter vier Jahren musste der FAST4-Test gehäuft frühzeitig abgebrochen werden. Dies beruhte auf mangelnder Konzentriertheit, Lustlosigkeit und Müdigkeit, was eventuell auf die Dauer des Testes mit bis zu 18 Minuten bei Test 1 bzw. 15 Minuten bei Test 2 zurückzuführen ist. Ein weiterer Grund könnte die monotone Wiederholung der vier Tierstimmen sein. Erst ab vier Jahren kam es zu minder auffälligen Abbruchraten. Bei Dudek kam es zu ähnlichen Abbruchraten (82). Jedoch wurden bei Harzheim et al. nur fünf Tests abgebrochen (42). Der Grund war hier eine geringe Hörleistung.

6.4. Paukenerguss

Die Durchführung der FAST4-Tests fand unter anderem im Winter und Frühjahr statt. Dies kann der Grund dafür sein, dass 17% der normal- und 50% der schwerhörigen Kinder einen Erguss aufwiesen. 24% der Normalhörigen, 5% der Schwerhörigen und 7% der geistig behinderten mit Schwerhörigkeit waren in der Studie von Harzheim et al. erkältet (42). In Deutschland und in den USA (24) ist die Diagnose Paukenerguss oder Mittelohrentzündung eine der häufigsten Ursachen für einen Kinderarztbesuch. Mehr als 50% der Kinder haben nach dem ersten Lebensjahr bereits eine Mittelohrentzündung durchgemacht (31). Schönweiler schlägt die Einführung eines „Langzeithörttests“ vor, da Tubenbelüftungsstörungen die Sprachentwicklung in einem oft lang andauernden Verlauf stören (88). Die in beiden Studien auftretende Häufung von Schalleitungsstörungen im Alter zwischen 2,5 und 5 Jahren unterstreicht die Notwendigkeit einer Überprüfung der Hörfähigkeit im Vorschulalter.

6.5. Kopfhörer verweigert

Mit einer Rate von 2,9% war die Zahl der Kopfhörerverweigerer sehr gering, wenn man vergleicht, dass bei weitaus mehr Kindern die Audiometrie aufgrund von Nichtakzeptanz der Kopfhörer im Freifeld durchgeführt wurde. Allein bei 111 Kindern liegt das Audiogramm im Freifeld vor. Dies ist mit 41% fast annähernd die Hälfte aller Kinder dieser Studie. Bei Dudek verweigerte ein Kind (82) und bei Harzheim et al. nur zwei der geistig behinderten Kinder mit einem Entwicklungsalter unter drei Jahren die Kopfhörer (42). Möglicherweise könnte die Art des Kopfhörers hier eine Rolle spielen. In der Audiometrie wurde ein beyerdynamic DT 48 E Kopfhörer, der sehr unkomfortabel auf den Ohren sitzt, und beim FAST4 ein HD280pro-60-dB-Kopfhörer verwendet. Allerdings umfasst der HD280pro-60-dB-Kopfhörer die Ohren geschmeidiger und übt keinen Druck auf den Schädel aus, sodass er von Kindern leichter akzeptiert wird.

6.6. Dauer des Testes

Eine mittlere Testdauer von 11,15 Minuten für Test 1 ist für kleine Kinder zu lang, um eine durchgehende Konzentrationsfähigkeit aufrecht zu erhalten. Aber auch die Testdauer von 8,7 Minuten bei Test 2 ist zu bedenken. Anzumerken ist, dass bei diesen Kindern der Test gehäuft nicht automatisch nach sieben Fehlern, sondern aufgrund mangelnder Konzentration nach vier Fehlern durch den Untersucher beendet wurde. Hätte man bei diesen Kindern den Test bis zum siebten Fehler fortgeführt, wäre es zu einer längeren mittleren Testdauer beider Testarten gekommen. Langes Durchhalte- und Konzentrationsvermögen sind für Kinder in diesem Alter eher untypisch. Daher ist es verständlich, dass bei den Kindern unter vier Jahren gehäuft falsch positive Schwerhörigkeiten mit dem FAST4-Test gemessen wurden. Harzheim et al. stellten gehäuft fest, dass die Konzentration nach zehn Minuten bei allen Kindern stark nachließ. Sie haben bei den geistig behinderten Kindern eine Testdauer von 15 bis 25 Minuten gemessen. Zu einer halb so langen Testdauer kam es bei den schwerhörigen Kindern, da sie im Freifeld und somit auf beiden Ohren gleichzeitig getestet wurden (42). Dudek errechnete eine mittlere Testdauer von 10 Minuten (82).

Beim mFAST wurden bereits einige Änderungen durchgeführt, um die Dauer der Hörprüfung zu verkürzen. Einerseits wird er automatisch nach drei Umkehrpunkten (Geräusch verstanden und nicht verstanden) beendet. Andererseits kommt es anfangs zu einer Verdopplung der Lautstärkenverringerng von 7 dB HV auf 14 dB HV, wenn die Tierstimme richtig erkannt wird. Zusätzlich wird der Test verkürzt, indem die hoch- und

tieffrequenten Tierstimmen aneinander adaptiert werden. D.h. sobald die Katze richtig erkannt wird, wird der Vogel an den entsprechenden Pegel angepasst (43).

Aus diesem Grund sollte der Test nicht länger als 10 Minuten dauern. Eine kürzere Messdauer stellt eine Erleichterung für den Patienten dar und würde außerdem die Diagnose falsch positiver Schwerhörigkeiten vermindern.

6.7. Diskrepanz Katze - Vogel

Schwierigkeiten bei der Unterscheidung Katze von Vogel traten trotz einer vorherigen Übung bei den Kindern als auch bei den Erwachsenen auf. Viele Erwachsene äußerten, dass die Katze zu „schrill“ klinge. Prof. Coninx machte die gleiche Erfahrung mit dem FAST4-Test bei Senioren eines Altersheims in Solingen (persönliches Gespräch mit Prof. Coninx). Möglicherweise sind Senioren mit dem Geräusch der Katze nicht mehr vertraut. Harzheim et al. stellten die fehlende Diskriminierung Katze - Vogel bei den schwerhörigen Kindern im Hochtonbereich fest (42).

6.8. Beobachtungen während der Durchführung des FAST4-Testes

Die Kinder haben beim FAST4-Test ganz unterschiedlich mitgearbeitet. Unter anderem kam es in allen Altersklassen zu schlechter Mitarbeit. Diese trat gehäuft bei den Kindern unter vier Jahren auf und ist auf Unkonzentriertheit, Müdigkeit, Lustlosigkeit und Dauer des Testes zurückzuführen. 9,18% der Normalhörigen zeigten bei Harzheim et al. eine Unkonzentriertheit und schlechte Testergebnisse (42). Bei den geistig Behinderten waren sogar in 60% der Fälle Konzentrationsstörungen, Müdigkeit oder Verhaltensauffälligkeiten zu verzeichnen.

Ein weiteres Problem war, dass die Kinder die Tiere zum Teil nicht kannten. Manche Stadtkinder hatten noch nie eine Kuh gesehen. Es kam auch vor, dass sich die Kinder unter vier Jahren auf ein einzelnes Tier fixierten und die anderen Tiere komplett vernachlässigten, sodass viele Falschangaben gemacht wurden. Die Abbildungen der Tiere führten zum Teil auch zu Verwirrungen. So wurde der Hund öfters als Pferd und der Vogel als Papagei bezeichnet.

In der Gruppe der unter Vierjährigen konnte teilweise auch eine gute Mitarbeit beobachtet werden.

Manchmal reichte die vorherige Übung für die jüngeren Kinder nicht aus, sodass sie am Anfang oft Fehler machten. Dies wird beim mFAST behoben, indem die ersten beiden Tierstimmen nicht mit in die Auswertung aufgenommen werden.

6.9. Intelligenztest

Drei Kinder (1,83%) hatten beim BUEVA und neun (5,5%) beim BUEGA ein auffälliges Testergebnis. Von diesen konnte bei acht Kindern eine Schwerhörigkeit nachgewiesen werden. Aufgrund der geringen Anzahl auffälliger Kinder mit insgesamt 4,9% kann man nicht daraus schlussfolgern, dass die Grundintelligenz bzw. die Fähigkeit zum logischen Denken einen Einfluss auf das Hörvermögen der Kinder hatte. Es wäre daher interessant, dies in einer umfangreicheren Studie zu beobachten. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf einseitige Schwerhörigkeiten gelegt werden.

Die hier auftretende große Zahl von SEV-Kinder unter vier Jahren mit 47,71% ist sicherlich darauf zurückzuführen, dass die Hör- Stimm- und Sprachheilkunde am UKE einen Schwerpunkt in diesem Bereich hat. Jedoch konnte nur bei 13 der 52 SEV-Kinder eine sensorineurale Schwerhörigkeit nachgewiesen werden. Vermutlich resultierte die SEV bei der Mehrzahl der Kinder aus einer Schwerhörigkeit aufgrund einer chronischen Mittelohrerkrankung. Diese Kinder wurden wahrscheinlich bezüglich ihrer Schwerhörigkeit erfolgreich behandelt und es lag zum Zeitpunkt der Untersuchung nur noch eine SEV vor. Schönweiler hebt hervor, dass das „Langzeithörvermögen“ und die „Jahreshörbilanz“ einen entscheidenden Einfluss auf die Sprachentwicklung ausüben und nicht nur die aktuell bestehende Hörstörung (88). Es ist schwierig zu belegen, dass die Schwerhörigkeit der Kinder mit einer SEV einen Einfluss auf ihre Grundintelligenz hatte. Einerseits, weil für diese Feststellung die Probandenzahl zu gering war und andererseits, weil man bei Kindern unter vier Jahren noch nicht von einer Intelligenz sprechen kann, da sie sich noch in ihrer Entwicklung befinden. Möglicherweise hatten die Kinder Schwierigkeiten einen Zusammenhang zwischen Auslöser und Reaktion herzustellen. Jedoch kann eine unbehandelte Sprachentwicklungsverzögerung mit der Zeit zu einer eingeschränkten Entwicklung führen. Daher ist es besonders wichtig, weitere Studien diesbezüglich durchzuführen.

Drei der sieben Kinder unter vier Jahren, bei denen der Entwicklungsstatus nicht ihrem Alter entsprach, hatten eine Schwerhörigkeit. Bei diesen Kindern kann man eine Bereitschaft zur Mitarbeit aufgrund ihrer tiefgreifenden Entwicklungsstörung nicht erwarten.

Wie bereits erwähnt, testeten Harzheim et al. normalhörige Probanden mit einer geistigen Behinderung. Sie führten bei diesen Kindern keinen Entwicklungstest durch, sondern beauftragten die Lehrer der Förderschule die Kinder in die Gruppen Entwicklungsalter unter drei und über drei Jahren einzuteilen. Diese subjektive Einteilung

ermöglicht keine genaue Aussage über das Entwicklungsalter des Kindes. Dennoch zeigte sich, dass Kinder mit einem Entwicklungsalter unter drei Jahren vermehrt eine auffällige AGT-Hörschwelle hatten (42). Kinder mit einer Entwicklungsverzögerung zählten bei Summerfield et al. zu der Gruppe, bei denen keine erfolgreiche Hörschwelle mit dem Automated Toy Discrimination Test (ATT, siehe S. 75) gemessen werden konnte (46).

6.10. Andere Hörtestverfahren bei Kindern

Laut den Richtlinien des Bundesausschusses der Ärzte und Krankenkassen für die Früherkennung von Kinderkrankheiten gibt es bisher keine Vorschriften, welcher Hörtest in der U7-U9 angewendet werden soll. Nach Rücksprache mit vereinzelt Pädiatern in Hamburg wird in Deutschland zur Bestimmung der Hörfähigkeit für die U7-U9 gehäuft der s.g. Pilotentest verwendet. Bei diesem Test handelt es sich um einen Sprachverständnistest. Der Testaufbau ist dem des Hörtests FAST ähnlich. Das Kind bekommt hierbei Befehle wie „Zeige auf den Ball“, „Wo ist das Auto“, indem nach einem standardisierten Schema diese mit einer Anfangslautstärke von 70 dB HV in 5-10 dB-Schritten bis 25 dB HV vorgespielt werden. Unglücklicherweise kann der Untersucher die Testworte beliebig wiederholen, bis das Kind den Befehl verstanden hat, was beim FAST4-Test nicht möglich ist. Außerdem kann er das Ende des Testes festlegen, da der Test nicht nach einer bestimmten Anzahl von Fehlern beendet wird und durch diese subjektive Testmethode eine Manipulation des Endergebnisses erlaubt. Eine Hörschwelle von 25-35 dB HV wird als „gutes Hörvermögen“, 35-40 dB HV als „keine große Hörstörung liegt vor“ und >40 dB HV als „eine weitere Untersuchung des Gehörs ist erforderlich“ definiert (26). Dies sind sehr ungenaue Aussagen über das Hörvermögen, v.a. weil im Audiogramm eine Hörschwelle von 20 dB HV dringend einer weiteren Abklärung bedarf. Eine Nachfrage bei der Firma Maico ergab, dass bis jetzt keine Studien zu diesem Hörtest vorliegen.

Die Tonaudiometrie bietet eine weitere Möglichkeit zur Hörtestung. Sie kommt bei Pädiatern meist erst ab der Untersuchung J1 zur Anwendung.

Weitere Sprachverständnistests für Kinder im Alter von 3-6 Jahren, die vom Grundansatz dem FAST ähneln, sind:

- Der Telefentest von Radü und Kauffmann. Dem Kind werden über einen Telefonhörer Anweisungen wie „Zeige mir die Maus“ gegeben, die es auf einer Bildtafel zeigen muss. Bestanden ist der Test, wenn acht von zehn Bildtafeln richtig

gezeigt wurden. Dieser Test wurde durch die Hörtech GmbH Oldenburg in einer Studie neu aufgearbeitet, die dem Bürger einen Hörtest per Telefon für einen Kostenbeitrag von 50 Cent anbieten. Man vermutet, dass 60% der über 70-Jährigen ein Hörgerät benötigen (21).

- Um leichte und mittelgradige Schwerhörigkeiten zu entdecken, entwickelten Löwe und Heller den Heidelberger Hörprüf-Bild-Test für 5-Jährige. Auch hier werden den Kindern Bild-Testkarten mit jeweils 3 Abbildungen gezeigt. Der Tester fordert das Kind mit leiser Stimme auf, mit „Zeige Bär“ auf eine der Abbildungen zu zeigen. Macht das Kind nach zehn Abbildungen nur drei Fehler, so geht man davon aus, dass keine Hörstörung vorliegt (20).

Die Sprachtestverfahren Pilotentest, Telefontest und Heidelberger Hörprüf-Bild-Test bieten jedoch nicht die Möglichkeit eines validierten Hörtestverfahrens, da sie nur eine grobe Aussage über die Hörfähigkeit eines Kindes machen können. Eine definierte Hörschwelle kann nicht bestimmt werden, welches jedoch mit dem FAST4-Test möglich ist. Es ist daher umso wichtiger einen obligatorischen Hörtest im Vorschulalter einzuführen.

Eine definierte Hörschwelle kann jedoch beim Automated Toy Discrimination Test (ATT) gemessen werden. Er basiert auf dem Ewing-Test, der von McCormick modifiziert wurde, um geringe Schwerhörigkeiten besser detektieren zu können. Vom Testaufbau ähnelt dieses portable Computerprogramm annähernd dem FAST. Die Hörschwelle db (A) wird durch ein An- und Abheben der Lautstärke ermittelt. Anstatt Tierstimmen vorzuspielen, werden dem Kind Spielzeuge gezeigt und einfache Fragen gestellt wie „Wo ist Kuh?“, „Zeige den Schuh!“. Die Hörschwelle wird beim ATT auf beiden Ohren gleichzeitig und nicht wie beim FAST4-Test separat bestimmt, sodass nur die Empfindlichkeit des besser hörenden Ohres bestimmt werden kann. Für diesen Test benötigt man ebenfalls keine audiologischen Vorkenntnisse (20, 44, 45). Summerfield et al. machten, vergleichbar zu dieser Studie, die Erfahrung, dass bei normalhörigen Kindern unter vier Jahren gehäuft auffällige Hörschwellen gemessen wurden (46).

Seit Juni 2011 vertreibt die Firma Auritec den s.g. multi Frequency-specific Animal Sound Test (mFAST), eine modifizierte Form des FAST4-Test. Der mFAST ist in das Modul Auricheck zusammen mit dem Sprachtest AAST, einem Tonaudiometer und den LittleEARS Fragebögen integriert und bietet somit einen idealen „Vorschul-Screener“. Beim Auricheck handelt es sich um einen portablen Touchscreen mit einer benutzerfreundlichen Menüführung. Der Touchscreen des mFAST ermöglicht den Kindern eine

einfachere Handhabung, als die PC-Maus beim FAST4-Test. Die Sprach- und Hörtests können sowohl über einen Kopfhörer als auch im Freifeld durchgeführt werden. Der mFAST macht die Bestimmung einer Hörschwelle mithilfe von vier Frequenzen möglich, indem die Kuh bei 500 Hz, der Hund bei 1000 Hz, die Katze bei 2000 Hz und der Vogel bei 4000 Hz dargeboten werden. Im Vergleich zum FAST4-Test erhält man beim mFAST nun vier Hörschwellen pro Ohr. Das Ergebnis der Testung wird anhand einer Ampel mit pass/refer (grün/rot) angegeben. Ab einem Testergebnis von 25 dB HV + 2xSD 2,5 dB HV bei einer Frequenz wird die Ampel rot. Dieses Testergebnis enthält bereits eine entsprechend dem Alter angepasste Hörschwelle (siehe Tabelle Nr.3). Um die Testung in jedem Raum durchführen zu können, ist in den mFAST ein Schallpegelmesser zur Bestimmung des Geräuschpegels eingebaut, da nicht jede Kinderarztpraxis über eine Audiokabine verfügt (43).

Der mFAST wäre somit eine ideale Testbatterie für ein Vorschulhörscreening.

6.11. Ist der FAST4-Test für das Alter 2,5 bis 10 Jahre geeignet?

Der FAST4-Test wurde bei 322 Kindern im Alter zwischen 2,5 und 10 Jahren angewendet. Betrachtet man die bereits diskutierten Themen, so kommt man zu dem Schluss, dass der FAST4-Test erst ab einem Alter von 4 Jahren durchführbar ist, um falsch positive Testergebnisse zu vermeiden. Bei den Kindern unter vier Jahren wurde der Test gehäuft frühzeitig abgebrochen, sodass keine Hörschwelle oder eine ungültige Hörschwelle bestimmt wurde. In der Gruppe der 2,5-3,0-Jährigen konnte bei acht Normalhörigen eine Hörschwelle bestimmt werden. Von diesen hatten aber sieben Kinder eine auffällige Hörschwelle größer 20 dB HV. Der FAST4-Test ist also für die Altersklasse 2,5-3,0 Jahre nicht geeignet. Es sollte aber versucht werden, den Test bei Kindern ab drei Jahren durchzuführen, da in dieser Studie bei über 50% der Dreijährigen eine gültige Hörschwelle gemessen wurde. Dudek et al. kam auch zu dem Schluss, dass man beim FAST erst ab einem Alter von 4 Jahren verlässliche Ergebnisse erzielt (82).

6.12. Für welche Zielgruppen ist der FAST4-Test geeignet?

Der FAST4-Test bietet eine einfache und effiziente Möglichkeit zur Untersuchung des kindlichen Gehörs. Er ist ein subjektiver Test dessen Handhabung leicht erlernbar ist und kein geschultes Personal benötigt. Sehr häufig werden Kinder mit der Diagnose Schwerhörigkeit vom Pädiater zum HNO-Arzt überwiesen, obwohl sie normalhörig sind. Die Hörprüfung wird von Arzthelfer/innen durchgeführt, da Kinderarztpraxen in

der Regel nicht über spezifisch ausgebildete Audiologen/innen verfügen. Arzthelfer/innen weisen meist nicht die entsprechende Erfahrung auf, um eine wahre Hörschwelle beim Kind zu definieren. Aber auch Arzthelfer/innen in HNO-Praxen fehlt es zum Teil an genügender Erfahrung. Somit kann im Audiogramm fälschlicherweise eine Schwerhörigkeit angegeben werden, die durch Unkonzentriertheit oder Lustlosigkeit der Kinder während der Untersuchung und damit verbundene unzureichende Erfahrung des Testleiters zustande kommt. Die Diagnose Schwerhörigkeit führt zu einer Verunsicherung der Eltern. Die Kinder müssen zur weiteren Abklärung der Hörstörung zu einem HNO-Arzt oder Phoniater überwiesen werden. Dies erfordert zusätzliche, womöglich unnötige Arztbesuche. All dies könnte mit Hilfe des FAST4-Tests vermieden werden. Aus diesem Grund ist der FAST4-Test für den Einsatz in Kinderarztpraxen, Kindergärten, Grundschulen, Sonderschulen und bei Logopäden geeignet. In einer Folgestudie sollte untersucht werden, ob man mit dem FAST4-Test bessere Testergebnisse erzielen kann als beim Audiogramm, wenn es von ungeschulten Arzthelferinnen durchgeführt wird.

Ob der FAST4-Test in HNO-Kliniken, HNO-Praxen oder Phoniatischen Abteilungen zum Einsatz kommen sollte, ist fraglich, da diese meist über sehr gut ausgebildete Audiologen verfügen. Eine Option wäre es den FAST4 vor der Durchführung der Audiometrie anzuwenden, um eine schnelle und grobe Einschätzung der Hörfähigkeit zu bekommen. Aufgrund der begrenzten Zeit ist dies nicht immer möglich. Der FAST4-Test bietet hier die Möglichkeit auf einfache Weise die Audiometrie ergänzen. Er sollte sie aber nicht ersetzen, da das Reintonaudiogramm weiterhin als Goldstandard der Hörprüfung gilt.

6.13. Können Kinder adäquater auf Tierstimmen reagieren als auf Sinustöne?

Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass durch Sehen des Fotos und gleichzeitiges Hören des Geräusches eine bessere Wahrnehmung ermöglicht wird.

Insgesamt waren die Hörschwellen des FAST4-Tests niedriger, als die der Audiogramme. Eine auffällige Differenz ist aber nur bei den Normalhörigen sichtbar. Betrachtet man die Vergleichsgruppe der Erwachsenen, so findet man diese Differenz nur bei den jungen Normalhörigen. Diese haben primär negative Hörschwellen beim FAST und eine Hörschwelle von 10 dB HV im Audiogramm. Daher kann man keine Aussage darüber machen, dass die Kinder besser auf die Tierstimmen reagieren als auf die Sinustöne. Zudem werden bei jungen Kindern in der Audiometrie häufig Wobbeltöne

oder Alltagsgeräusche anstelle von Sinustönen verwendet. Die Differenz ist hierbei auf die Kalibrierung des Hörtestes und die in Hamburg vorliegende Durchführung des Audiogramms zurückzuführen.

6.14. Ist der FAST4-Test ein geeignetes Screeningverfahren für Kinder mit und ohne Hörstörung im Rahmen der Kindervorsorgeuntersuchung?

Generell ist der FAST-Test als Messmethode für ein Hörcreening im Vorschulalter geeignet. Jedoch sollte dies in einer Folgestudie mit einer größeren Probandenzahl eindeutig geklärt werden.

Das Reintonaudiogramm ist eine subjektive und zeitaufwendige Messmethode, die von der Erfahrung des Untersuchers abhängt. Daher wäre für ein Screening der FAST4 besser geeignet als das Audiogramm. Der FAST ist schneller durchführbar und benötigt kein geschultes Personal. Schließlich kann beim FAST-Test eine subjektive Beeinflussung des Testergebnisses verhindert werden. Hind et al. und Halloran et al. bemängeln die ungenügende Sensitivität des Audiogramms bei Vorschulscreenings (29-30).

6.15. Ausblick

Der Detektion frühkindlicher Hörstörungen kam durch die Einführung des Neugeborenen-Hörscreenings in den letzten Jahren eine große Bedeutung zu. Vor allem die Häufigkeit des Auftretens von Schallleitungsstörungen im Kindesalter gibt den Anlass, eine intensivere Prüfung des Hörvermögens im Rahmen eines Screenings bei Vorschulkindern zu empfehlen, um alle später auftretenden Hörstörungen zu diagnostizieren. Dabei könnte der FAST4-Test, bzw. die bereits modifizierte Form mFAST, ein ideales Hörprüfverfahren sein, da er einige Vorteile gegenüber den bisherigen Untersuchungsmethoden der Audiologie hat. Er ermöglicht eine einfache, schnelle, effiziente Bestimmung der Hörschwelle für den Tief- und Hochtonbereich und kann somit von nichtspezialisiertem Personal z. B. in einer Pädiatrie-Praxis durchgeführt werden. Das Aufsuchen eines audiologischen Zentrums kann also erst einmal umgangen werden kann.

Es können einseitige wie geringgradige Hörstörungen festgestellt werden. Der FAST reflektiert allerdings die Sensitivität des besser hörenden Ohres, da eine Vertäubung nicht möglich ist. Aus diesem Grund sollte der FAST-Test so modifiziert werden, damit die Option einer Vertäubung besteht.

Zusätzlich sollte das Bild des Hundes gegen ein Bild mit einer freundlicheren Hundesrasse wie z.B. einem Labrador und das Bild des Papageis mit dem eines Wellensittichs ausgetauscht werden.

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln erwähnt wären für eine bessere Validierung der Daten prospektive Studien sinnvoll.

7. Zusammenfassung

Frühkindliche Hörstörungen werden häufig erst spät entdeckt. Eine möglichst frühe Feststellung und Behandlung der Schwerhörigkeit ist grundlegend, um den betroffenen Kindern den Spracherwerb und die soziale Entwicklung zu erleichtern oder gar erst zu ermöglichen. Alle Kinder sollten, unabhängig vom Ergebnis des Neugeborenen-Hör-screensings, den Anspruch auf eine Überprüfung ihres Gehörs haben, damit eine entsprechende Therapie frühzeitig eingeleitet werden kann.

In der vorliegenden Studie wurde diskutiert, ob der Hörtest FAST4 (Frequency-specific Animal Sound Test) für Kinder im Alter zwischen 2,5 und 10 Jahren geeignet ist, ob die Hörschwellen des FAST4-Testes mit denen der Audiogramme übereinstimmen und ob es als Screeningverfahren geeignet ist.

Patienten und Methode: Hierfür wurden 322 Probanden im Alter zwischen 2,5 und 14,3 Jahren und 41 Erwachsene mit dem FAST4-Test getestet. Es wurden über Kopfhörer vier Tierstimmen vorgespielt und eine Hörschwelle für den Hochton- und Tieftonbereich berechnet. Zusätzlich wurde bei jedem Kind ein Audiogramm erstellt. Abhängig vom Alter wurde nach Auffälligkeiten im U-Heft nachgefragt, der Intelligenztest BUEGA oder BUEVA durchgeführt.

Ergebnisse: Auswertbare Ergebnisse lagen bei normalhörigen und schwerhörigen Kindern ab einem Alter von vier Jahren vor. Bei den Kindern unter vier Jahren musste der Test gehäuft frühzeitig abgebrochen werden. Unter Berücksichtigung der diskutierten Aspekte, lag annähernd kein Unterschied zwischen den Hörschwellen des FAST4-Test und denen der Audiogramme, sowohl bei den Kindern als auch bei den Erwachsenen, vor.

Es konnte nicht belegt werden, dass die Fähigkeit zum logischen Denken bzw. die Grundintelligenz eines Kindes einen Einfluss auf deren Hörvermögen hatte.

Schlussfolgerung: Der FAST4-Test ist ein geeignetes Hörprüfverfahren für normal- und schwerhörige Kinder ab einem Alter von vier Jahren. Durch seine einfache, schnelle und effiziente Bestimmung der Hörschwelle ist er ideal für eine Kinderarztpraxis zur Bestimmung der Hörschwelle im Rahmen der U-Untersuchungen bei Kindern. Da der FAST4-Test kein geschultes Personal benötigt ist er auch in Kindergärten, Grundschulen, Sonderschulen oder bei Logopäden einsetzbar.

Um die Validität des FAST4-Testes als Screeningmethode im Vorschulalter zu belegen, sollten prospektive Studien mit größeren Fallzahlen durchgeführt werden.

8. Abkürzungen

FAST	Frequency specific Animal Sound Test
RTA	Reintonaudiogramm
SD	Standardabweichung
Test 1	Tiere 1-7 (5 dB-Schritte)
Test 2	Tiere 3-7 (15 dB-Schritte)
VRA	Visual Reinforcement Audiometry
UNHS	Universal Newborn Hearing Screening
AGT	Adaptiver Geräusch Test
SEV	Sprachentwicklungsverzögerung
OAE	Otoakustische Emissionen
BERA	Evozierte Hirnstammpotentiale
HV	Hörverlust

9. Anhang

9.1. Aufklärung Eltern



Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf

**Poliklinik für Hör-, Stimm-
und Sprachheilkunde**
Phoniatrie und Pädaudiologie
Prof. Dr. Markus Hess
Direktor

KOPF- UND NEUROZENTRUM
Martinstraße 52
20246 Hamburg
Telefon: (040) 42803-2365
Telefax: (040) 42803-6814
phoniatrie@uke.uni-hamburg.de
www.uke.uni-hamburg.de

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf · Martinstraße 52 · 20246 Hamburg
Poliklinik für Hör-, Stimm- und Sprachheilkunde (Phoniatrie und Pädaudiologie)

Spezialsprechstunden

- Neugeborenen-Hörscreening
- Elektrophysiologische Hördiagnostik
- Ambulante Phonochirurgie
- 'Professional Voice Disorders'
- Tauglichkeitsuntersuchung
- Fachgutachten

Allgemeine Sprechstunde

- Video-Endoskopie und Stroboskopie
- Stimm- und Sprachrehabilitation
- Stimm-, Sprech- und Sprachdiagnostik
- Stimm-, Sprech- und Sprachtherapie
- Kehlkopf-EMG
- Botulinumtoxin-Injektion
- Endoskopische Schluckdiagnostik
- Störung des Redeflusses
- Aphasie und Dysarthrophonie
- Hörgeräte und CI bei Kindern
- Auditive Wahrnehmungsstörung
- Entwicklungsdiagnostik
- Orofaziale Funktionsstörung



Liebe Eltern,

es ist außerordentlich wichtig, dass Hörstörungen so früh wie möglich bei Kindern entdeckt werden, um eine normale Entwicklung zu gewährleisten. Daher möchten wir Sie über den **Adaptiven Geräusch Test mit Tierstimmen** („Frequency specific Animal Sound Test“ (FAST4) – Frequenzspezifischer Tiergeräuschtest) informieren, der zurzeit im Rahmen einer Studie bei Kindern **ab 2 ½ Jahren** in der Poliklinik für Hör- Stimm- und Sprachheilkunde am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf durchgeführt wird. Diese Studie findet in Kooperation mit dem Entwickler des Testes, Herrn Professor Coninx (Institut für Audiopädagogik der Universität Köln) statt.

Manchmal erweist sich bei kleinen Kindern die Durchführung von Hörprüfverfahren (Audiometrie) als relativ schwer, da es für sie zu abstrakt ist, auf künstliche Prüftöne zu reagieren. Aus diesem Grund wurde dieser Test mit Geräuschen aus der Erfahrungswelt des Kindes entwickelt. Bei diesem Verfahren werden Ihrem Kind Tierstimmen aus dem Tiefton- (Hund, Kuh) und Hochtonbereich (Katze, Vogel) über einen Kopfhörer vorgespielt und Ihr Kind soll daraufhin dieses Geräusch einem Foto am Computerbildschirm zuordnen. Alternativ können auch 4 konkrete Gegenstände (Plastiktiere) verwendet werden. Mittels dieses Testes lässt sich die Hörschwelle für den Tief- und Hochtonbereich Ihres Kindes errechnen. Die Dauer dieses Testes beträgt ca. 10 Minuten.

Um eine optimale Einschätzung des Reaktionsvermögens gewährleisten zu können, führen wir ergänzend einen Test zur Erfassung allgemeiner und spezifischer Fähigkeiten Ihres Kindes durch. Die Dauer dieses Testes beträgt zusätzlich ca. 10 bis 15 Minuten.

Wir würden uns sehr freuen, wenn sie mit Ihrem Kind an der Studie teilnehmen würden.

Es grüßen freundlich,

Antonia Nolte
Doktorandin
Studentin der Medizin

Achim Breitfuss
Pädaudiologischer Assistent

Dr. A.-K. Licht
FA für HNO- Heilkunde
Wissenschaftlicher MA

Name des Kindes:

.....

- Ich habe die Aufklärung verstanden.
- Ich bin mit der Durchführung des Tierstimmentestes bei meinem Kind einverstanden.
- Ich möchte die Ergebnisse mitgeteilt bekommen.
- Ich bin damit einverstanden, dass die Ergebnisse ohne Offenlegung der persönlichen Angaben meines Kindes für die Auswertung der Studie verwendet werden.

RAUM FÜR INDIVIDUELLE EINTRÄGE

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(Ort/ Datum/ Unterschrift der Erziehungsberechtigten)

Ich bestätige die Durchführung einer persönlichen Aufklärung und die gewissenhafte Beantwortung aller Fragen. Das Informationsblatt wurde von mir persönlich ausgehändigt und hatte die Gelegenheit, dieses in Ruhe zu studieren.

(Ort/ Datum/ Unterschrift des Arztes bzw. des Doktoranden bzw. des Audiometristen)

9.2. Tabelle „compactfile“

Beispiel anhand eines Patienten

Patient	A.F.			
Geschlecht	männlich			
Geb.-Datum	09.06.03			
Alter	5,29			
Untersuch-Datum	23.10.08			
Hoch/Tiefton	Tief	Hoch	Tief	Hoch
Testart	Li Ohr Test 1	Li Ohr Test 1	Re Ohr Test 1	Re Ohr Test 1
Hörschwelle FAST	33,5	18,5	15,16	13,5
Beendet nach...Fehlern	5	5	6	6
Kopfhörer verweigert	Nein			
Unkonzentriert	Ja			
Aufgabe nicht verstanden	-			
Erkältung	ja			
Erguss	Ja			
Schwerhörigkeit	-			
Hörgeräte	-			
Test abgebrochen	-			

10. Literaturverzeichnis

1. Lehnhardt, E. and R. Laszig, Praxis der Audiometrie. 8 ed. 2001, Stuttgart: Thieme.
2. Mrowinski, D. and D. Scholz, Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 3 ed. 2006, Stuttgart: Thieme.
3. Chugani, H.T., Positron emission tomography scanning: applications in newborns. Clin Perinatol, 1993. 20(2): p. 395-409.
4. Wendler, J., W. Seidner, and U. Eyshold, Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie. 4 ed. 2005: Thieme.
5. Koop, C.E., Importance of Early Identification of Children with Hearing Problems. 1989, US Public Health Service - Dept. of Health and Human Resources Statement.
6. Newton, V., Pediatric Audiological Medicine. 2 ed. 2009: Wiley-Blackwell.
7. Friedrich, G., W. Bigenzahn, and P. Zorowka, Phoniatrie und Pädaudiologie - Einführung in die medizinischen, psychologischen und linguistischen Grundlagen von Stimme, Sprache und Gehör. 4 ed. 2008: Huber.
8. Kittel, G., Phoniatrie und Pädaudiologie - Kurs für Ärzte, Logopäden, Sprachheil- und Gehörlosenpädagogen. 1 ed. 1989, Köln: Deutscher Ärzte Verlag.
9. Hellbrück, J., Hören - Physiologie, Psychologie und Pathologie. 1 ed. 1993, Göttingen: Hogrefe.
10. Boenninghaus, H.-G. and T. Lenarz, Hals- Nasen- Ohren-Heilkunde. 13 ed. 2007: Springer.
11. Brunner, R. and I. Nöldeke, Das Ohr - Anatomie, Pathologie, Physiologie für Hörgeräteakustiker und audiologische Assistenzberufe. 1 ed. 1997: Thieme.
12. Madell, J. and C. Flexer, Pediatric Audiology - Diagnosis, Technology, and Management. Vol. 1. 2008, New York
Stuttgart: Thieme.
13. Nikisch, A., Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung - Konsensus Statement. Vol. 2. 2008: http://www.dgpp.de/Profi/Sources/cons_avws.pdf
13.07.2009
14. Lauer, N., Zentral-auditive Verarbeitungsstörungen im Kindesalter. 3 ed. Forum Logopädie. 2006, Stuttgart: Thieme.

15. Drews, C.D., et al., Hearing impairment among 10-year-old children: metropolitan Atlanta, 1985 through 1987. *Am J Public Health*, 1994. 84(7): p. 1164-6.
16. MacAndie, C., H. Kubba, and M. McFarlane, Epidemiology of permanent childhood hearing loss in Glasgow, 1985-1994. *Scott Med J*, 2003. 48(4): p. 117-9.
17. McCracken, W. and S. Laoide-Kemp, *Audiology in Education*. Vol. 1. 1997, London: Whurr Publishers Ltd.
18. Northern, J. and M.P. Downs, *Hearing in Children*. 5 ed. 2002: Lippincott Williams & Wilkins.
19. Moore, M.V., W.R. Wilson, and G. Thompson, Visual reinforcement of head-turn responses in infants under twelve months of age. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 1977. 42: p. 328-334.
20. Löwe, A. and A. Hildemann, *Hörmessungen bei Kindern - Eine Einführung für die klinische, pädagogische und pädiatrische Praxis sowie für die Arbeit in Kinderhörzentren*. 3 ed. 1994, Heidelberg: Edition Schindele.
21. Seidler, C., *Wie bitte? Telefondienst überprüft das Gehör*. 2008, Spiegel Online.
22. Downs, M.P., *Communication disorders in Down's Syndrome*. *Seminars in Speech, Language and Hearing* 1, 1980.
23. Roizen, N.J., et al., Hearing loss in children with Down syndrome. *J Pediatr*, 1993. 123(1): p. S9-12.
24. Hing E., Middleton K. National hospital ambulatory medical care survey; 2001 outpatient department survey. *Adv Data* 2003;338:1-26
25. Bundesministerium für Gesundheit, Bekanntmachung eines Beschlusses des Gemeinsamen Bundesausschusses über eine Änderung der Kinder-Richtlinien: Einführung eines Neugeborenen-Hörscreenings. 19. Juni 2008; http://www.g-ba.de/downloads/39-261-681/2008-06-19-Kinder-Hörscreening_BAnz.pdf 15.08.2011
26. Gebrauchsanweisung Pilotenhörtest, Maico, http://www.maico-diagnostics.com/eprise/main/_downloads/de_de/Documentation/GEBA_Pilot_d_10b.pdf 12.08.2011
27. Paradise J., Rockette H., Colborn D., et al. Otitis media in 2253 Pittsburgh area infants: prevalence and risk factors during the first two years of life. *Pediatrics*. 1997;99:318-333

28. Fonseca S, Forsyth H., Neary W. School hearing screening programme in the UK: practice and performance. *Arch Dis Child* 2005;90:154-156
29. Hind S.E., Atkins R.L., Haggard MP, Brady D, Grinham G. Alternatives in screening at school entry: comparison of the childhood middle ear disease and hearing questionnaire and the pure tone sweep test. *Br J Audiol.* 1999;33(6):403-414
30. Halloran DR, Hardin JM, Wall TC. Validity of Pure-Tone Hearing Screening at Well-Child Visits. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2009; 163(2):158-63
31. Teele DW, Klein JO, Rosner B, Greater Boston Otitis Media Study Group. Epidemiology of Otitis Media during the first seven years of life in children in greater Boston: a prospective, cohort study. *J Infect Dis.* 1989;160(1):83-94
32. Hunter LL, Margolis RH, Rykken JR, Le CT, Daly KA, Giebink GS. High frequency hearing loss associated with otitis media. *Ear Hear* 1996;17(1):1-11
33. Lopponen H, Sorri M, Pekkala R, Penna J. Secretory otitis media and high-frequency hearing loss. *Acta Otolaryngol Suppl.* 1992;493:99-107
34. Lü J, Huang Z, Yang T, Li Y, Mei L, Xiang M, Chai Y, Li X, Li L, Yao G, Wang Y, Shen X, Wu H. Screening for delayed-onset hearing loss in preschool children who previously passed the newborn hearing screening. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2011 Aug;75(8):1045-9.
35. Mehl AL, Thomson V. Newborn hearing screening: The great omission. *Pediatrics.* 1998;101:1-6
36. Moeller MP. Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. *Pediatrics.* 2000;106:e43
37. Yoshinaga-Itano C, Sedey AL, Coulter BA, Mehl AL. Language of early- and later-identified children with hearing loss. *Pediatrics.* 1998;102:1168-1171
38. Robinshaw HM. Early intervention of hearing impairment: differences in the timing of communicative and linguistic development. *Br J Audiol.* 1995;29:315-334
39. Downs MP, Yoshinaga-Itano C. The efficacy of early identification and intervention for children with hearing impairment. *Pediatr Clin North Am.* 1999;46:79-87
40. Berlin, C. I., Hood, L., Morlet, T., Rose, K., & Brashears, S. (2003). Auditory neuropathy/dys-synchrony: Diagnosis and management. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 9, 225–231

41. Bess FH, Dodd-Murphy J, Parker RA (1998). Children with minimal sensorineural hearing loss: prevalence, educational performance, and functional status. *Ear Hear* 19(5):339-354
42. Harzheim AH, Müller A (2006). AGT – der Adaptive Geräusch Test: erste Praxiserprobungen. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt der Sonderpädagogik. Seminar für Hör- und Sprachgeschädigtenpädagogik, Heilpädagogische Fakultät, Universität zu Köln
43. Auritec Medizindiagnostische Systeme GmbH (2011). Bedienungsanleitung: Screening-Audiometer AuriCheck. Version 1.0
44. Ousey J, Sheppard S, Twomey T, Palmer AR (1989). The IHR-McCormick automated discrimination test – description and initial evaluation. *British Journal of Audiology* 23:245-249
45. Palmer AR, Sheppard S, Marshall DH (1990). Prediction of hearing thresholds in children using an automated toy discrimination test. *British Journal of Audiology* 25:351-356.
46. Summerfield AQ, Palmer AR, Foster JR, Marshall DH, Twomey T (1994). Clinical evaluation and test-retest reliability of the IHR-McCormick Automated Toy Discrimination Test. *British Journal of Audiology* 28:165-179
47. Rohlf AK, Wiesner T, Drews H, Müller F, Breitfuss A, Schiller R, Hess M (2010). Interdisciplinary approach to design, performance and quality management in a multicenter newborn hearing screening program-Part I. *Eur J Pediatr* 169:1353-1360
48. Gross M, Finckh-Krämer U, Spormann-Lagodzinski M (2000). Congenital hearing disorders in children. I: Acquired hearing disorders. *HNO* 48:879-886.
49. Matschke RG (1993). Untersuchungen zur Reifung der menschlichen Hörbahn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
50. Kral A, Hartmann R, Tillein J et al (2001). Delayed maturation and sensitive periods in the auditory cortex. *Audiol Neurootol* 6:346-362
51. Fortnum HM, Summerfield AQ, Marshall DH et al (2001). Prevalence of permanent childhood hearing impairment in the United Kingdom and implications for universal neonatal hearing screening: questionnaire based ascertainment study. *Br Med J* 323:536-540
52. Watkin PM, Baldwin M (2011). Identifying deafness in early childhood: requirements after the newborn hearing screening. *Arch Dis Child* 96:62-66

53. Moeller MP, McCleary E, Putman C, Tyler-Krings A, Hoover B, Stelmachowicz P (2010). Longitudinal development of phonology and morphology in children with late-identified mild-moderate sensorineural hearing loss. *Ear & Hearing* 31:625-635
54. Kiese-Himmel C., Reeh M (2006). Assessment of expressive vocabulary outcomes on hearing-impaired children with hearing aids: Do bilaterally hearing-impaired children catch up? *J Laryngol Otol* 120:619-626
55. Borg E, Edquist G, Reinholdson A, et al. (2007). Speech and language development in a population of Swedish hearing-impaired pre-school children, a cross-sectional study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 71:1061-1077
56. Dille M, Glatke TJ, Earl BR (2007). Comparison of transient evoked otoacoustic emissions and distortion product otoacoustic emissions when screening hearing in preschool children in a community setting. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 71:1789-1795
57. Mandel EM, Doyle WJ, Winther B, Alper CM (2008). The incidence, prevalence and burden of OM in unselected children aged 1-8 years followed by weekly otoscopy through the “common cold” season. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 72(4):491-9
58. Zielhuis GA, Rach GH, van den Broek P. (1989). Screening for otitis media with effusion in preschool children. *Lancet.* 1(8633):311-4.
59. Gravel JS, Wallace IF. (2000). Effects of otitis media with effusion on hearing in the first 3 years of life. *J Speech Lang Hear Res.* 43(3):631-44.
60. Rosenfeld RM, Culpepper L, Doyle KJ, Grundfast KM, Hoberman A, Kenna MA, Lieberthal AS Mahoney M, Wahl RA, Woods CR Jr, Yawn B. (2004). American Academy of Pediatrics Subcommittee on Otitis Media with Effusion; American Academy of Family Physicians; American Academy of Otolaryngology – Head and Neck Surgery: Clinical practice guideline: Otitis media with effusion. *Otolaryngol Head Neck Surg* 130:95-118
61. Bess FH (1985). The minimally hearing-impaired child. *Ear Hear* 6(1):43-7
62. Bess FH, Tarpe AM (1984). Unilateral hearing impairment in children. *Pediatrics* 74(2):206-16
63. Culbertson JL, Gilbert LE (1986). Children with unilateral sensorineural hearing loss: cognitive, academic, and social development. *Ear Hear* 7(1):38-42
64. Reiß M. Facharztwissen HNO-Heilkunde: Differenzierte Diagnostik und

- Therapie. Einteilung der Schwerhörigkeitsgrade nach Boenninghaus und Röser S.1065. Springer Medizin Verlag Heidelberg
65. Ptok M (2003). Basic principles of neonatal hearing screening (standard of care). Position of the Interdisciplinary Neonatal Hearing Screening Consensus Conference. HNO 51(11):876-9.
 66. Neumann K, Gross M, Bottcher P, Euler HA, Spormann-Lagodzinski M, Polzer M (2006). Effectiveness and efficiency of a universal newborn hearing screening in Germany. Folia Phoniatr Logop. 58(6):440-55
 67. McKay S, Gravel JS, Tharpe AM (2008). Amplification Considerations for Children With Minimal or Mild Bilateral Hearing Loss and Unilateral Hearing Loss. Trends Amplif. 12(1):43-54.
 68. Briggs L, Davidson L, Lieu JE. (2011). Outcomes of conventional amplification for pediatric unilateral hearing loss. Ann Otol Rhinol Laryngol. 120(7):448-54
 69. Dettman SJ, Pinder D, Briggs RJ, Dowell RC, Leigh JR. (2007). Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: risks versus benefits. Ear Hear. 28(2 Suppl):11S-18S
 70. Geers AE (2006). Factors influencing spoken language outcomes in children following early cochlear implantation. Adv Otorhinolaryngol. 64:50-65.
 71. Coninx F (2007). Gebrauchsanweisung BELLS-Battery for the Evaluation of Listening and Language Skills D02.01. Der Ohrwurm-hOHRizont, Solingen.
 72. Coninx F (2007). Gebrauchsanweisung AAST-Adaptiver Auditiver Sprach Test DE-02.01. Der Ohrwurm-hOHRizont, Solingen.
 73. Esser G, Wyschkon A (2002). BUEVA - Basisdiagnostik für umschriebene Entwicklungsstörungen im Vorschulalter - Manual. 1. Auflage. Belz Test GmbH, Göttingen
 74. Esser G, Wyschkon A, Ballaschk K (2008). BUEGA - Basisdiagnostik umschriebener Entwicklungsstörungen im Grundschulalter - Manual. 1. Auflage. Hogrefe, Göttingen
 75. Flanary VA, Flanary CJ, Colombo J, Kloss D (1999) Mass hearing screening in kindergarten students. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 50: 93–98
 76. Weichbold V, Rohrer M, Winkler C, Welzl-Müller K (2004). Hörscreening an Kindergärten: Ergebnisse einer Evaluierungsstudie. Wien Klin Wochenschr 116/14: 478–483
 77. Papp Z, Rezes S, Jokay I, Sziklai I (2003) Sensorineural hearing loss in chronic

- otitis media. *Otol Neurotol* 24: 141–144
78. Johnson JL, White KR, Widen JE, Gravel JS, James M, Kennalley T, Maxon AB, Spivak L, Sullivan-Mahoney M, Vohr BR, Weirather Y, Holstrum J (2005). A multicenter evaluation of how many infants with permanent hearing loss pass a two-stage otoacoustic emissions/automated auditory brainstem response newborn hearing screening protocol. *Pediatrics* 116(3):663-72.
 79. Großer A, Sehner S (2011). *Der SPSS (Wieder-) Einstieg leicht gemacht; Eine Einführung in die statistische Datenauswertung. Ein Seminarskript des Instituts für Medizinische Biometrie und Epidemiologie, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf.*
 80. Bland JM, Altman DG (1986). Statistical Methods For assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, i, 307-310.
 81. Meyer V, Hornbostel S, Wenskus A, Eßer-Leyding B, Coninx F (2011). mFAST – a new evaluation tool for hearing impaired children. Vortrag beim Bells workshop 19-23. September 2011 Solingen.
 82. Dudek N (2011). Hearing Screening in Preschoolers; Bells: mFAST in Action – Experience in Practice. Vortrag beim Bells workshop 19-23. September 2011 Solingen.
 83. Lehnhardt, E. and R. Laszig, *Praxis der Audiometrie*. 9. ed. 2009, Stuttgart: Thieme
 84. Hesse, G. *HNO-Update 2011*
 85. Sharma A, Cardon G, Henion K et al. (2011). Cortical maturation and behavioral outcomes in children with auditory neuropathy spectrum disorder. *Int j Audiol*; 50: 98-106
 86. NIH Consensus Statement (1993) Early identification of hearing impairment in infants and young children.
<http://consensus.nih.gov/1993/1993HearingInfantsChildren092html.htm>
24.12.2011
 87. Hoth S. (2011). Diagnostische Standards im Follow-up nach nicht bestandenem Hörscreening. *Forum HNO* (13).
 88. Schönweiler R. (1992). Eine Untersuchung an 1300 Kindern zur Inzidenz und Therapie von Hörstörungen bei kindlichen Sprachstörungen. *Laryngo-Rhino-Otol*. 71:637-643

89. Schönweiler R., Ptok M., Radü H.-J. (1998). A cross-sectional study of speech- and language-abilities of children with normal hearing, mild fluctuating conductive hearing loss or moderate to profound sensorineural hearing loss. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 44:251-258

11. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich auf vielfältige Weise bei meiner Arbeit unterstützt haben:

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Frau Dr. Anna-Katharina Rohlf, die mich während der gesamten Zeit tatkräftig unterstützt hat. Sie brachte mir sehr viel Geduld entgegen und sorgte mit wertvollen Ratschlägen für das Gelingen der Arbeit. Insbesondere unsere gemeinsamen Journalclubs haben mir sehr viel bei der Literaturrecherche geholfen.

Herrn Professor Dr. M. Hess danke ich für die Überlassung des Themas.

Herrn Professor Coninx möchte ich für seine Erklärungen zum FAST-Test und Ratschläge bei der Auswertung der Daten danken.

Weiteren Dank richte ich an die beiden Audiologen Frau Ismailoglu und Herrn Breitfuß, die bei allen Probanden die Reintonaudiogramme durchgeführt haben.

Dem gesamten Team der Praxis Swiridoff Röhrs Malligsen möchte ich danken, dass sie mir bei der Rekrutierung der restlichen Probanden geholfen haben und mir ihre Räumlichkeiten zur Verfügung gestellt haben.

Frau Herich, die mir immer mit Geduld bei meiner statistischen Auswertung Beistand geleistet hat, danke ich ebenso.

12. Lebenslauf

entfällt aus datenschutzrechtlichen Gründen

13. Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Antonia Nolte

Hamburg, den 20. März 2012