

Aus der Sektion für Phoniatrie und Pädaudiologie  
– Leiter: Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler –  
der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde,  
Phoniatrie und Pädaudiologie  
der Universität zu Lübeck  
Komm. Direktor: Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler  
Betreuer: Priv.-Doz. Dr. med. Jan Löhler

---

**Korrelation der Untertests im  
Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB)-  
Fragebogen mit den Ergebnissen des  
Freiburger Einsilbertests ohne und mit Störschall**

Inauguraldissertation

zur  
Erlangung der Doktorwürde  
der Universität zu Lübeck

- Aus der Sektion Medizin -

vorgelegt von

**Mathias Sippel**

aus Flensburg

Lübeck 2021

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Jan Löhler

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Mohamed Al- Khaled

Tag der mündlichen Prüfung: 09.02.2022

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 09.02.2022

- Promotionskommission der Sektion Medizin -

## Abkürzungsverzeichnis

$\alpha$	-	Signifikanzniveau
ANL	-	Acceptable Noise Level (Unbehaglichkeitsschwelle)
APHAB	-	Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit
APHAB <sub>a</sub>	-	Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit aided (mit Hörgerät)
APHAB <sub>u</sub>	-	Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit unaided (ohne Hörgerät)
AV	-	Aversiveness of Sounds (Unbehaglichkeit durch Lärm)
BN	-	Background Noise (Hören mit Störgeräusch, Unterhaltung mit Nebengeräuschen)
dB	-	Dezibel
EC	-	Ease of Communication (einfache Hörsituationen, Dialog in ruhiger Umgebung)
EC <sub>u</sub>	-	Ease of Communication unaided (ohne Hörgerät)
EEG	-	Elektroenzephalogramm
FBE	-	Freiburger Einsilbertest
FBE-O	-	Freiburger Einsilbertest ohne Störschall
FBE-S	-	Freiburger Einsilbertest mit Störschall
FBZ	-	Freiburger Zahlentest
GDH	-	Grad der Hörminderung
HNO	-	Hals-Nasen-Ohren
Hz	-	Hertz
KI	-	Konfidenzintervall
m	-	männlich
Max	-	Maximum
Min	-	Minimum
mSS	-	mit Störschall
MW	-	Mittelwert
n	-	Anzahl/ Menge
ns	-	nicht signifikant
OAE	-	Otoakustische Emissionen
oSS	-	ohne Störschall
p	-	Signifikanzwert

QulHz	-	Qualitätssicherung der Integrierten Hörsystemversorgung durch Qualitätszirkel
$r_s$	-	Korrelationskoeffizient nach Spearman
RV	-	Reverberation (Hören von Sprache in Räumen mit Hall/ Echo)
SD	-	Standarddeviation (Standardabweichung)
SNR	-	Signal Noise Ratio (Signal-Rausch-Abstand)
SPL	-	Sound Pressure Level (Schalldruckpegel)
SVS	-	Sprachverständlichkeitsschwelle
vs.	-	versus
w	-	weiblich

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1.1</b>	Auswirkungen einer peripheren Hörstörung.....	6
<b>Abbildung 1.2</b>	Verfahren zur Verifikation und Validierung einer Hörgeräteversorgung....	10
<b>Abbildung 1.3</b>	Sprachfeld von normaler Sprache .....	15
<b>Abbildung 3.1</b>	Streudiagramm von EC vs. FBE ohne Hörgerät .....	29
<b>Abbildung 3.2</b>	Bland-Altman-Diagramm von EC und FBE ohne Hörgerät.....	30
<b>Abbildung 3.3</b>	Streudiagramm von BN vs. FBE ohne Hörgerät .....	32
<b>Abbildung 3.4</b>	Bland-Altman-Diagramm von BN und FBE ohne Hörgerät.....	33
<b>Abbildung 3.5</b>	Streudiagramm von RV vs. FBE ohne Hörgerät .....	35
<b>Abbildung 3.6</b>	Bland-Altman-Diagramm von RV und FBE ohne Hörgerät.....	36
<b>Abbildung 3.7</b>	Streudiagramm von AV vs. FBE ohne Hörgerät.....	38
<b>Abbildung 3.8</b>	Bland-Altman-Diagramm von AV und FBE ohne Hörgerät.....	39
<b>Abbildung 3.9</b>	Streudiagramm von ECBNRV vs. FBE ohne Hörgerät.....	41
<b>Abbildung 3.10</b>	Bland-Altman-Diagramm von ECBNRV und FBE ohne Hörgerät.....	42
<b>Abbildung 3.11</b>	Streudiagramm von EC vs. FBE mit Hörgerät.....	44
<b>Abbildung 3.12</b>	Bland-Altman-Diagramm von EC und FBE mit Hörgerät.....	45
<b>Abbildung 3.13</b>	Streudiagramm von BN vs. FBE mit Hörgerät.....	47
<b>Abbildung 3.14</b>	Bland-Altman-Diagramm von BN und FBE mit Hörgerät.....	48
<b>Abbildung 3.15</b>	Streudiagramm von RV vs. FBE mit Hörgerät.....	50
<b>Abbildung 3.16</b>	Bland-Altman-Diagramm von RV und FBE mit Hörgerät.....	51
<b>Abbildung 3.17</b>	Streudiagramm von AV vs. FBE mit Hörgerät.....	53
<b>Abbildung 3.18</b>	Bland-Altman-Diagramm von AV und FBE mit Hörgerät.....	54
<b>Abbildung 3.19</b>	Streudiagramm von ECBNRV vs. FBE mit Hörgerät.....	56
<b>Abbildung 3.20</b>	Bland-Altman-Diagramm von ECBNRV und FBE mit Hörgerät.....	57
<b>Abbildung 3.21</b>	Streudiagramm von EC vs. FBE Gewinn .....	59
<b>Abbildung 3.22</b>	Bland-Altman-Diagramm von EC und FBE Gewinn .....	60
<b>Abbildung 3.23</b>	Streudiagramm von BN vs. FBE Gewinn .....	62
<b>Abbildung 3.24</b>	Bland-Altman-Diagramm von BN und FBE Gewinn .....	63
<b>Abbildung 3.25</b>	Streudiagramm von RV vs. FBE Gewinn .....	65
<b>Abbildung 3.26</b>	Bland-Altman-Diagramm von RV und FBE Gewinn .....	66
<b>Abbildung 3.27</b>	Streudiagramm von AV vs. FBE Gewinn .....	68
<b>Abbildung 3.28</b>	Bland-Altman-Diagramm von AV und FBE Gewinn .....	69
<b>Abbildung 3.29</b>	Streudiagramm von ECBNRV vs. FBE Gewinn .....	71
<b>Abbildung 3.30</b>	Bland-Altman-Diagramm von ECBNRV und FBE Gewinn .....	72

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1.1</b> APHAB-Dreifrequenztafel.....	8
<b>Tabelle 1.2</b> sprachaudiometrische Testverfahren .....	14
<b>Tabelle 3.1</b> Altersverteilung .....	25
<b>Tabelle 3.2</b> Grad der Hörminderung .....	25
<b>Tabelle 3.3</b> Ergebnisse ohne Hörgerät .....	26
<b>Tabelle 3.4</b> Ergebnisse mit Hörgerät .....	26
<b>Tabelle 3.5</b> Ergebnisse Gewinn .....	27
<b>Tabelle 3.6</b> Korrelation nach Spearman von EC und FBE ohne Hörgerät .....	29
<b>Tabelle 3.7</b> Korrelation nach Spearman von BN und FBE ohne Hörgerät .....	32
<b>Tabelle 3.8</b> Korrelation nach Spearman von RV und FBE ohne Hörgerät .....	35
<b>Tabelle 3.9</b> Korrelation nach Spearman von AV und FBE ohne Hörgerät .....	38
<b>Tabelle 3.10</b> Korrelation nach Spearman von ECBNRV und FBE ohne Hörgerät .....	41
<b>Tabelle 3.11</b> Korrelation nach Spearman von EC und FBE mit Hörgerät .....	44
<b>Tabelle 3.12</b> Korrelation nach Spearman von BN und FBE mit Hörgerät .....	47
<b>Tabelle 3.13</b> Korrelation nach Spearman von RV und FBE mit Hörgerät .....	50
<b>Tabelle 3.14</b> Korrelation nach Spearman von AV und FBE mit Hörgerät .....	53
<b>Tabelle 3.15</b> Korrelation nach Spearman von ECBNRV und FBE mit Hörgerät ..	56
<b>Tabelle 3.16</b> Korrelation nach Spearman von EC und FBE Gewinn.....	59
<b>Tabelle 3.17</b> Korrelation nach Spearman von BN und FBE Gewinn.....	62
<b>Tabelle 3.18</b> Korrelation nach Spearman von RV und FBE Gewinn.....	65
<b>Tabelle 3.19</b> Korrelation nach Spearman von AV und FBE Gewinn.....	68
<b>Tabelle 3.20</b> Korrelation nach Spearman von ECBNRV und FBE Gewinn.....	71

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Bedeutung von Schwerhörigkeit	1
1.2 Grundlagen	1
1.2.1 Anatomie und Physiologie	1
1.2.2 Pathophysiologie	3
1.3 Hörgeräteversorgung	5
1.3.1 Folgen einer verspäteten Hörgeräteversorgung	6
1.3.2 Indikation	7
1.3.3 Grad der Hörminderung	8
1.3.4 Ziel einer Hörgeräteanpassung	9
1.3.5 Versorgungserfolgsüberprüfung - Verifikation und Validierung	9
1.4 Diagnostik	10
1.4.1 Klassische Hörprüfungen	11
1.4.2 Audiometrie	13
1.4.3 Sprachaudiometrie und Freiburger Einsilbertest	14
1.4.4 Frageninventare und APHAB	17
1.5 Ziel und Fragestellung dieser Arbeit	19
<b>2 Material und Methoden</b>	<b>21</b>
2.1 Ethik	21
2.2 Datenerhebung	21
2.3 Ein- und Ausschlusskriterien	22
2.4 Statistische Auswertung	23
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>25</b>
3.1 Deskriptive Statistik	25
3.2 Korrelationsanalyse	27
3.2.1 Korrelation der ohne Hörgerät ermittelten Daten	27
3.2.2 Korrelation der mit Hörgerät ermittelten Daten	43
3.2.3 Korrelation der Daten des errechneten Gewinns	58

<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>73</b>
4.1	Verteilungen	73
4.2	Ergebnisse ohne Hörgerät	74
4.3	Ergebnisse mit Hörgerät	76
4.4	Ergebnisse des Gewinns	77
4.5	AV-Skala	78
4.6	Limitationen und mögliche Fehlerquellen	79
4.7	Schlussfolgerung und Fazit	80
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>82</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>83</b>
<b>7</b>	<b>Anhänge</b>	<b>91</b>
7.1	Ethikkommission	91
	7.1.1 Promotionsanzeige	91
	7.1.2 Genehmigung	93
7.2	APHAB-Fragebogen	94
<b>8</b>	<b>Danksagung</b>	<b>95</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Bedeutung von Schwerhörigkeit

Kommunikation ist ein zentraler Bestandteil menschlicher Beziehungen und das Sprachverstehen [44] ein wichtiger Aspekt, um eine gute Kommunikation zu ermöglichen. Viele Menschen sind durch eine Hörminderung in ihrer Kommunikationsfähigkeit eingeschränkt, was sich vor allem in den sozialen Beziehungen im Alltag, aber auch in der Ärzte-Patienten-Beziehung<sup>1</sup> widerspiegelt [90].

Verschiedene nationale und internationale Studien zeigen, dass 14-27 % der erwachsenen Bevölkerung von Schwerhörigkeit betroffen sind [19, 22, 31, 62, 78, 91, 94, 98]. Bei den über 55-Jährigen liegt die Prävalenz mit über 30 % noch höher [32, 34]. Damit ist Schwerhörigkeit ein häufig auftretendes chronisches Symptom. Es sind viele genetische, traumatische, maligne, entzündliche, degenerative und andere Ursachen denkbar, die sich als Schalleitungs-, Schallempfindungs-, neuronale oder zentrale Schwerhörigkeit äußern können [111]. Die Schwerhörigkeit führt wiederum zu Kommunikationsstörungen, die Einfluss auf die private, berufliche und soziale Situation der Betroffenen haben. Aus diesem Grund sollte diese frühzeitig und in ihrer Bedeutung für den Alltag sicher diagnostiziert werden, damit eine entsprechende Therapie eingeleitet werden kann [89, 108].

## 1.2 Grundlagen

### 1.2.1 Anatomie und Physiologie

Das Hörorgan setzt sich aus dem äußeren Ohr sowie dem Mittel- und Innenohr zusammen. Hieran schließt sich die retrocochleäre Hörbahn des zentralen Nervensystems an.

---

<sup>1</sup> Die Verwendung des generischen Maskulinums oder entsprechende Pluralformen wurden in dieser Arbeit gewählt, um die Lesbarkeit zu verbessern. Im Rahmen der Genderneutralität sind hierbei alle Geschlechter (m, w, d) in gleicher Weise gemeint.

Das äußere Ohr begünstigt durch die charakteristische Form der Ohrmuschel vor allem das Hören im freien Schallfeld und das Richtungshören. Es reicht über den Gehörgang bis zum Trommelfell und besitzt einen nach außen transportierenden Selbstreinigungsmechanismus. [vgl. 81]

Im Mittelohr versetzen die auf das Trommelfell treffenden Schallwellen dieses in Schwingung. Durch die Gehörknöchelchen (Malleus, Incus und Stapes) werden die Schallwellen dann auf das ovale Fenster mit dahinterliegender Perilymphe, welche eine deutlich höhere Impedanz aufweist, übertragen. Die Impedanzanpassung findet über eine 22-fache Druckverstärkung statt, die durch das Größenverhältnis von Trommelfell zu ovalem Fenster (17-fach) und Hebelwirkung der Gehörknöchelchen (1,3-fach) erreicht wird. Die Tuba auditiva stellt durch einen Druckausgleich ein ungehindertes Schwingen des Trommelfells sicher. Der Musculus tensor tympani am Hammergriff, dessen Kontraktion zur Spannung des Trommelfells führt, erhält so dessen Grundspannung aufrecht und der Musculus stapedius am Steigbügel, der die Gehörknöchelchenkette reflektorisch bei hohen Schallintensitäten versteift, kann vor zu lautem Schall schützen. Auch eine Knochenleitung über den Schädel ist möglich, spielt aber vielmehr diagnostisch als physiologisch eine Rolle [99] und kann auch therapeutisch genutzt werden [17]. [vgl. 99]

Nachfolgend lösen die durch den Stapes auf die mit Perilymphe gefüllte Scala vestibuli übergeleiteten Schalldruckwellen eine Wanderwelle in der schneckenförmigen Cochlea aus. Dieser Wanderwelle geben auch die die Scala media (Endolymphschlauch mit dem Corti-Organ) umschließenden Reissner- und Basilarmembranen nach. Dies bewirkt einen Wechseldruck zur parallel verlaufenden Scala tympani und eine Auslenkung am runden Fenster, was Schwingungen dieser Trennwand ermöglicht. Dass die Basilarmembran zum Helikotrema hin an Breite zunimmt, bewirkt eine Abnahme der Wellenlänge dieser Wanderwelle entlang der Membran. Bei gleichzeitig abnehmender Steifigkeit steigt die Amplitude hingegen an, bis ein Maximum erreicht ist und verebbt danach schnell. Der Ort dieses Maximums ist für jede Wellenlänge eines Klangs charakteristisch (Tonotopie); hohe Schallfrequenzen führen steigbügel-, tiefe helikotremannah zu einem Maximum. Eine durch die Schwingung des Endolymphschlauchs verursachte Verschiebung der darin gelegenen Tektorialmembran gegenüber der Basilarmembran bewirkt im

Corti-Organ eine Abknickung der Stereovilli der zwischen Tektorial- und Basilar-membran gelegenen äußeren Haarzellen. Dadurch finden subtektorale Endolymphbewegungen statt, die letztendlich über die inneren Haarzellen in neuronale Signale umgewandelt werden. Außerdem sind die äußeren Haarzellen efferent innerviert und durch Motorproteine dazu in der Lage, aktiv als cochleärer Verstärker zu fungieren. Dies ermöglicht einerseits eine sehr niedrige Schwelle für den jeweiligen Frequenzbereich, andererseits werden zu starke Intensitäten abgeschwächt. Das Corti-Organ wirkt also als Signalwandler. [vgl. 30, 99]

Die Hörbahn ist ein komplexes Gebilde. Ausgehend vom Hörnerv finden vielfache Verschaltungen (auch kontralateraler Impulse) über verschiedene Kerngebiete statt, bis schließlich die primäre Hörrinde erreicht wird, wo das Hören bewusst wird. So wird durch Intensitäts- und Laufzeitenvergleiche beispielsweise das Richtungshören ermöglicht [30, 81, 99].

Diese Vorgänge generieren durch Schallwellen das Hören. Die Tonhöhe wird durch die Frequenz und die Lautstärke durch den Schalldruck bestimmt. Da die wahrnehmbaren Schalldrücke eine große Breite aufweisen, werden sie i. d. R. logarithmiert als Schalldruckpegel in Dezibel (dB) angegeben. Da die subjektiv empfundene Lautstärke bei unterschiedlichen Frequenzen jedoch ebenfalls variieren kann, gibt man den mit der Frequenz in Verbindung gesetzten Lautstärkepegel in Phon an. [vgl. 20]

### **1.2.2 Pathophysiologie**

Pathophysiologisch werden zwei Arten von Hörstörungen unterschieden: Schallleitungsschwerhörigkeit, bei der die Störung im äußeren Ohr oder Mittelohr lokalisiert ist, und Schallempfindungsschwerhörigkeit, bei der es zu einer Störung des Innenohrs oder des zentralen Nervensystems kommt.

Erworbene Hörstörungen des äußeren Ohres sind häufig durch einen Verschluss des Gehörgangs bedingt (z. B. durch Cerumen, Fremdkörper, Tumore) und im Allgemeinen gut therapierbar. Auch Hörstörungen des Mittelohres (z. B. bei Trommelfelldefekten, Tubenventilationsstörungen, Cholesteatomen) lassen sich je nach Ursache chirurgisch oder medikamentös behandeln. Durch die bei diesen Erkrankungen unter Umständen frequenzabhängige Abschwächung der in das Innenohr gelangenden Schallwellen (Schallleitungsschwerhörigkeit) ist die

Verwendung eines Hörgerätes jedoch durchaus auch möglich. Bei Vorliegen einer isolierten Schalleitungsschwerhörigkeit ist das Knochenleitungshören bei einem Großteil der Patienten intakt. [vgl. 44]

Bei einer Schallempfindungsschwerhörigkeit kommt es zu einer Störung der Umwandlung des Schalls in neuronale Signale oder der Weiterleitung des neuronalen Signals (Innenohrschwerhörigkeit oder den Hörnerv bzw. die zentralnervöse Hörbahn betreffend). Häufig ist dabei ein Defekt der Haarzellen grundlegend, wobei die Schädigung innerer Haarzellen zu Sensitivitätsverlust und die Schädigung äußerer Haarzellen zusätzlich zu verminderter Frequenzselektivität führt (sensorische Schallempfindungsschwerhörigkeit) [44]. Dies bedeutet, dass neben der Abschwächung des Schallsignals aufgrund fehlender Verstärkung durch die äußeren Haarzellen, anders als bei der Schalleitungsschwerhörigkeit, auch eine Verzerrung des aufgenommenen Signals und somit ein Diskriminationsverlust („Fehlhörigkeit“) auftritt [44, 112]. Außerdem ist die Schädigung äußerer Haarzellen durch ein Recruitment (auch Lautheitsausgleich genannt) gekennzeichnet. Aufgrund der fehlenden Regulierung durch die äußeren Haarzellen werden dabei leise Schallereignisse durch fehlende Verstärkung leiser oder gar nicht, hohe Pegel dann aber auch als laut oder durch fehlende Dämpfung sogar lauter bzw. unangenehm laut wahrgenommen [30, 45, 112]. Auch die Zeit- und Frequenzauflösung sowie weitere Hörfunktionen sind herabgesetzt. Denkbare Ursachen wären hierbei eine Schallexposition, Stoffwechselstörungen, (alters-) degenerative Prozesse oder ototoxische Medikamente. Bisher existieren in der klinischen Anwendung keine Möglichkeiten zur Regeneration der Haarzellen, sodass aktuell die Anwendung von Cochleaimplantaten die einzige für einige Indikationen zu erwägende Kausaltherapie darstellt. Durch den Einsatz von Hörgeräten lässt sich die Schallempfindungsschwerhörigkeit aufgrund der Verzerrung nicht perfekt kompensieren [vgl. 44].

Bei der neuronalen Schallempfindungsschwerhörigkeit (z. B. durch Tumore – häufig Akustikusneurinome mit einer Inzidenz von 1,74 pro 100.000 Einwohnern, aber auch andere komprimierende Tumore wie Meningeome, Chondrome oder Chondrosarkome – oder aufgrund von zentralnervösem Gewebsuntergang bei Infarkten, Multipler Sklerose oder Blutungen [111]) kann es unter anderem zur Verringerung der Nervenleitgeschwindigkeit oder Signalabbrüchen einzelner

Nervenfasern kommen. Dies äußert sich klinisch oft durch Hörmüdung und eine fehlende Klassifizierbarkeit des Schalls. [vgl. 44]

### **1.3 Hörgeräteversorgung**

Eine bedeutende Säule der Therapie der Schwerhörigkeit stellen Hörgeräte dar [93]. Von den Betroffenen ist jedoch weniger als ein Sechstel mit einem Hörgerät versorgt [29, 62, 78, 94, 98, 104]. Zu den vielfältigen Gründen hierfür zählen eine Bagatellisierung des Hördefizits als altersgerecht, ein fehlendes strukturiertes Screening hinsichtlich des Vorliegens einer Schwerhörigkeit, eine unzureichende Diagnostik (insbesondere aggraviert in ländlichen Regionen mit Hals-Nasen-Ohren(HNO)-ärztlicher Minderversorgung oder bei Menschen mit Migrationshintergrund) und eine suboptimale Hörgeräteanpassung durch unzureichende Erfassung der gesamten Ausprägung der Hörminderung [22, 29]. Auch fehlen meist noch rehabilitative Maßnahmen nach der Hörgeräteversorgung, die akzeptanzfördernd wirken könnten [108].

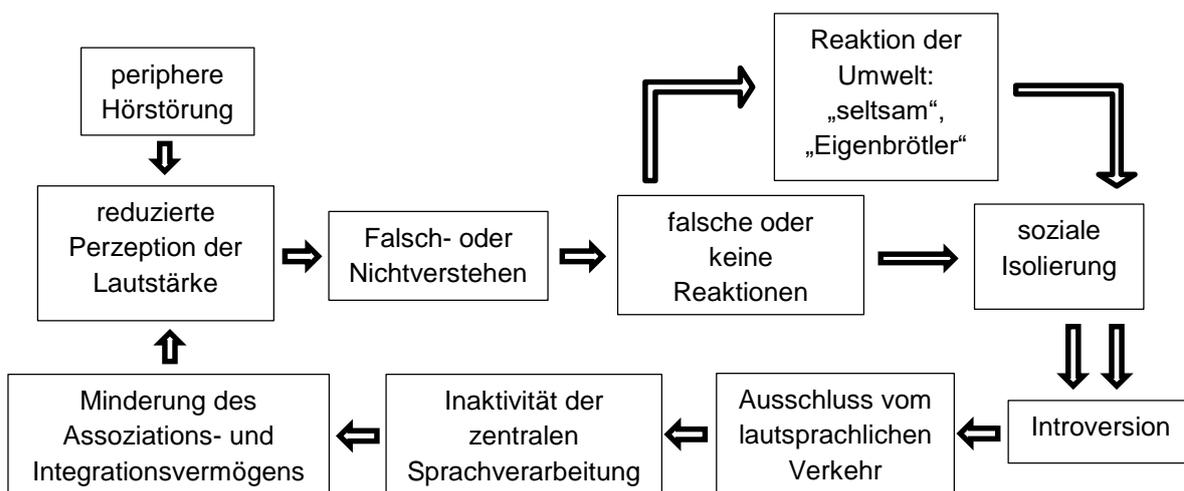
Zusätzlich berichten 20-40 % der Hörgeräteträger über Schwierigkeiten im alltäglichen Umgang mit ihren Hörgeräten oder über unzureichende Verbesserung des Hördefizits, vor allem bei der Unterdrückung von Störgeräuschen in Kommunikationssituationen [108]. Das mittlere Alter der erstmaligen Hörgeräteversorgung liegt in Deutschland bei 73-75 Jahren [108]. Diese Zahlen zeigen, dass trotz moderner diagnostischer Verfahren eine gravierende Unterversorgung mit Hörgeräten besteht.

Die Verordnung von Hörgeräten bei Erwachsenen ist hauptsächlich die Aufgabe niedergelassener HNO-Ärzte oder HNO-Kliniken (bei geistig behinderten Erwachsenen oder Erwachsenen mit Stimm- und Sprachkrankheiten können sie auch von Fachärzten oder Kliniken für Phoniatrie und Pädaudiologie durchgeführt werden). Ihnen obliegt in einem dualen Versorgungsmodell die Diagnostik und Indikationsstellung [96]. Bei der Versorgung mit Hörgeräten ist unter anderem wichtig abzuwägen, ob sich zur Behandlung der Schwerhörigkeit bezüglich des zu erwartenden Nutzens und Risikos medikamentöse oder operative Therapieoptionen besser eignen [66]. Nachdem die Betroffenen ein Hörgerät erhalten haben, wird eine HNO-ärztliche Erfolgskontrolle durchgeführt [97]. An dieser Stelle muss auch,

eventuell gemeinsam mit dem Hörgeräteakustiker, einer möglicherweise ablehnenden Haltung des Hörgeräteträgers beratend entgegengewirkt werden. Die individuelle funktionelle Anpassung und die Optimierung der Passform erfolgen dann durch den Hörgeräteakustiker. Auch die Einweisung des Hörgeräteträgers, die Nachbetreuung und Beratung sowie Service- und Reparaturleistungen fallen in seinen Aufgabenbereich. [vgl. 39, 40, 101, 108]

### 1.3.1 Folgen einer verspäteten Hörgeräteversorgung

Eine verspätete Hörgeräteversorgung kann durch längerfristig reduzierte Aktivierung des zentralen Nervensystems zum partiellen Ausfall der zentralen Sprachverarbeitung führen [108]. Wenn Betroffene aufgrund ihrer Schwerhörigkeit einem Gespräch kaum oder gar nicht mehr folgen können, kann dies zu einem sozialen Rückzug oder sogar zur Isolation und zu Depressionen [1, 59] führen. Wenn Gesagtes nicht oder falsch verstanden wird, kann es zu Missverständnissen und Spannungen im privaten sowie beruflichen Feld kommen und Gespräche werden daraufhin auf ein Minimum reduziert [107]. So entsteht ein Circulus vitiosus (vgl. Abbildung 1.1). Außerdem verzögert sich bei zu später Versorgung die Gewöhnung an ein Hörgerät und kann infolgedessen auch die Akzeptanz reduzieren [39].



**Abbildung 1.1** Auswirkungen einer peripheren Hörstörung

*Dargestellt sind die Folgen, die eine verminderte Hörleistung nach sich ziehen kann, sowie ein daraus resultierender Teufelskreis, den es zu unterbrechen bzw. nach Möglichkeit vorzubeugen gilt (modifiziert nach Niemeyer [88]).*

### 1.3.2 Indikation

Wenn eine Hörgeräteversorgung durch medikamentöse, operative oder andere Maßnahmen sinnvoll vermieden werden kann, sollten entsprechende therapeutische Maßnahmen in Rücksprache mit den betroffenen Patienten eingeleitet werden, da eine Wiederherstellung der natürlichen Hörfähigkeit einer technischen Unterstützung noch immer überlegen ist [41].

Wenn keine alternativen therapeutischen Optionen bestehen oder diese durch den Patienten abgelehnt werden, „sollten [Hörgeräte] unter Berücksichtigung der ton- und sprachaudiometrisch ermittelten Kenndaten des pathologischen Gehörs, des Frequenz-, Intensitäts- und Zeitauföseungsvermögens sowie zentraler Verarbeitungsprozesse wie der binauralen Hörfähigkeit bei allen leicht- bis hochgradigen Hörstörungen entsprechend den Indikationsempfehlungen der Heil- und Hilfsmittel-Richtlinien Verwendung finden“ [108].

Die Indikation zur Hörgeräteversorgung sollte daher entsprechend der „Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung“ (aktuelle Fassung vom 17. September 2020) [23, 24] und der in ihr verankerten Indikationskriterien gestellt werden und eine umfassende HNO-ärztliche und audiologische Diagnostik inklusive eingehender Anamnese beinhalten [108]. Die Leitlinie Nr. 017/065 „Hörgeräteversorgung“ der Deutschen Gesellschaft für HNO-Heilkunde von 1998 ist veraltet. Aktuell bedeutet das, „die Einsilberverschwindigkeit in Ruhe bei 65 dB SPL [Sound Pressure Level] Sprachpegel muss 80 % oder weniger betragen. Im Fall einer beidseitigen Schwerhörigkeit muss der Hörverlust auf dem besser hörenden Ohr, im Fall einer einseitigen Schwerhörigkeit auf dem schlechter hörenden Ohr bei mindestens einer der Prüffrequenzen zwischen 500 und 4000 Hz (Hertz) die Grenze von 30 dB erreichen oder überschreiten. Grundsätzlich können alle zielführenden sprachaudiometrischen Tests zur Indikationsstellung verwendet werden“ [82]. In der aktuellen Leitlinie befinden sich zudem nun auch Kriterien für die weitergehende Diagnostik im Störschall verschiedener sprachaudiometrischer Tests. Darüber hinaus sollten auch subjektive Alltagsfaktoren, wie der Anspruch an Kommunikationsteilnahme oder die individuelle Hörgerätazeptanz, Indikationskriterien darstellen [41].

### 1.3.3 Grad der Hörminderung

Die Einteilung der Schwerhörigkeit nach dem Grad der Hörminderung (GDH) ist in der Literatur nicht einheitlich geregelt [19]. Zur besseren Einteilung und Evaluation der Studien am Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB) wird dabei die Einteilung anhand der Dreifrequenztabelle nach Löhler et al. (im Folgenden APHAB-Dreifrequenztabelle genannt) vorgenommen [63, 70]. Die Einteilung in fünf Grade, die von keiner bis hin zu hochgradiger Hörschädigung reichen, erfolgt dabei frequenz- und intensitätsabhängig mittels Tonaudiometrie (vgl. Tabelle 1.1). Die APHAB-Dreifrequenztabelle funktioniert nach demselben Prinzip wie die Dreifrequenztabelle, die von Röser 1980 [95] vorgestellt wurde, ist jedoch APHAB-spezifisch und daher unabhängig von dieser zu betrachten [70, 71].

		Hörverlust bei 2000 Hz				
dB		< 20	20-35	40-55	60-80	> 80
Summe der Hörverluste bei 500 und 1000 Hz	< 40	kein	leicht	mittel	mittel-hochgradig	hochgradig
	40 -75	leicht	leicht	mittel	mittel-hochgradig	hochgradig
	80 -115	mittel	mittel	mittel	mittel-hochgradig	hochgradig
	120 -160	mittel-hochgradig	mittel-hochgradig	mittel-hochgradig	mittel-hochgradig	hochgradig
	> 160	hochgradig	hochgradig	hochgradig	hochgradig	hochgradig

**Tabelle 1.1** APHAB-Dreifrequenztabelle

*Dreifrequenztabelle zur Bestimmung des Grads der Hörminderung nach Löhler et al. [70]; die Werte wurden mittels Tonaudiogramm in 5-dB-Schritten auf dem schlechter hörenden Ohr ermittelt*

„Kein“ Hörverlust bedeutet dabei jedoch nicht, dass wirklich kein Hörverlust vorliegt, sondern lediglich, dass anhand der Tabelle eine entsprechende Einteilung erfolgt, wenn der frequenzspezifische Hörverlust bei 2000 Hz < 20 dB und die Summe der Hörverluste bei 500 und 1000 Hz < 40 dB beträgt. Höher liegende Frequenzen werden mit der APHAB-Dreifrequenztabelle nicht erfasst und Hochtonverluste somit geringfügig unterrepräsentiert [vgl. 76].

### **1.3.4 Ziel einer Hörgeräteanpassung**

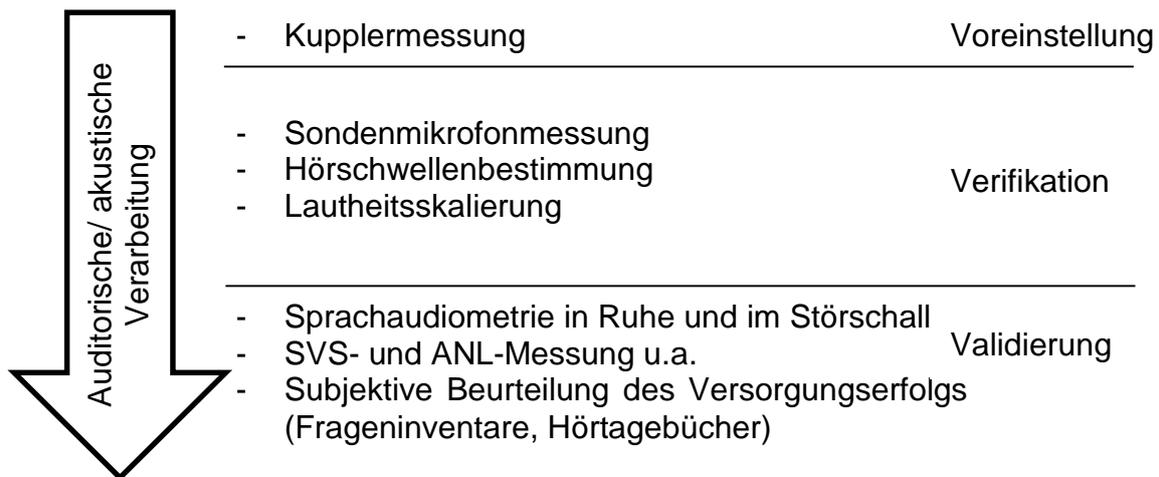
Das eigentliche Ziel besteht darin, dem Patienten wieder eine weitestgehend störungsfreie Kommunikation zu ermöglichen, ohne die Unbehaglichkeitsschwelle zu überschreiten. Dieses Ziel kann v. a. bei Hörstörungen mit Verzerrungskomponente oft noch nicht zufriedenstellend erreicht werden [43].

Das Ziel einer Hörgeräteanpassung muss weiterhin ein größtmöglicher Nutzen durch das Hörgerät sein. Die Überprüfung des therapeutischen Erfolgs lässt sich - wie bei der Indikationsprüfung - mittels Sprachaudiometrie [69] sowie (APHAB-) Fragebogen [68] durchführen [vgl. 41].

Die Schlüsselfaktoren für den Erfolg von Hörgeräteversorgungen sind laut Kießling [39] eine hohe technische Qualität, die Akzeptanz (wobei die Einflussnahme durch das soziale Umfeld und Beratung eine zentrale Rolle spielen), frühzeitige Versorgung (da so eine schnellere Gewöhnung stattfinden kann) und ein regelmäßiges Tragen des Hörgerätes (dies führt ebenfalls zu einer schnelleren Gewöhnung).

### **1.3.5 Versorgungserfolgsüberprüfung - Verifikation und Validierung**

Nach der Hörgeräteanpassung muss der Versorgungserfolg erneut quantifiziert werden. Dabei unterscheidet man zwischen Verifikation (Hörgerät arbeitet so wie es soll/ analytisches Verfahren) und Validierung (Nutzen für den Hörgeräteträger im Alltag/ integrale Maße). Dabei kann es nützlich sein, die Untersuchungsverfahren entsprechend des Ansatzpunktes im Signalweg bzw. des aufsteigenden auditorischen Systems (auditorische Verarbeitungsebene) anzuordnen (vgl. Abbildung 1.2). Bei der abschließenden Kontrolle durch den HNO-Arzt werden hier zur Gesamtbeurteilung des Versorgungserfolgs vor allem sprachaudiometrische Verfahren (auch im Störschall) und die subjektive Beurteilung des Patienten mittels Frageninventaren oder im Rahmen der Beratungsgespräche verwendet. Hierbei müssen oft Kompromisse zwischen Sprachverständlichkeit und subjektivem (Klang-)Empfinden eingegangen werden, nicht zuletzt auch aufgrund einer Hörentwöhnung nach zu spät vorgenommener Hörgeräteversorgung. [vgl. 43]



**Abbildung 1.2** Verfahren zur Verifikation und Validierung einer Hörgeräteversorgung

*Aufgelistet sind die wichtigsten Verfahren zur Verifikation und Validierung von Hörgeräteversorgungen, eingeordnet nach ihrem Ansatzpunkt entlang der akustischen bzw. auditorischen Signalverarbeitung (nach Kießling [42]).*

*(SVS = Sprachverständlichkeitsschwelle)*

*(ANL = Acceptable Noise Level (Unbehaglichkeitsschwelle))*

## 1.4 Diagnostik

Zur Ermittlung von Schwerhörigkeit wurden in jüngerer Vergangenheit laufend mehr Verfahren entwickelt, um den Hörverlust frühzeitig zu erkennen, zu qualifizieren und zu quantifizieren. Da im Säuglings- und Kleinkindalter eine Mitarbeit durch die Patienten wie sie bei semiobjektiven Verfahren nötig wäre, nicht zu erwarten ist, spielen hier akustisch evozierte Potentiale und otoakustische Emissionen eine große Rolle [36, 80]. Im höheren Alter hingegen werden eher semiobjektive (= verhaltensaudiometrische) Verfahren, wie Ton- und Sprachaudiometrie, zur Diagnostik, zum Screening und zur Verlaufsbeschreibung von z. B. Presbyakusis und Lärmschwerhörigkeit verwendet. Eine subjektive Möglichkeit zur Einschätzung der Alltagseinschränkung durch Schwerhörigkeit sind Frageninventare wie der APHAB.

## **1.4.1 Klassische Hörprüfungen**

### **1.4.1.1 Stimmgabeltests und Hörweitenprüfung**

Stimmgabeltests dienen zur ersten Orientierung einer Hörstörung und werden aufgrund ihrer einfachen, kurzen und ubiquitären Durchführbarkeit routinemäßig angewandt. Hierbei wird jedoch nur eine einzige Frequenz überprüft, sodass frequenzabhängige Pathologien nicht erfasst werden können. Die beiden wichtigsten Stimmgabeltests sind die Versuche nach Rinne und Weber. Dabei wird die Stimmgabel entweder nach Anschlag nacheinander an Mastoid und vor die Ohrmuschel gehalten (Rinne), um Unterschiede von Knochen- und Luftleitung feststellen zu können, oder sie wird nach Anschlag mittig auf der Schädelkalotte aufgesetzt (Weber), um eine eventuelle Lateralisation zu erkennen. In Zusammenschau lässt sich so ein erster Eindruck von der Art (Mittel- oder Innenohrschwerhörigkeit) bzw. Lokalisation der Schwerhörigkeit gewinnen. [vgl. 6, 46]

Eine grob orientierende Hörweitenprüfung kann mittels Flüster- und Umgangssprache und dem Abstand zum Ohr, bei dem noch alle drei genannten Zahlen richtig verstanden werden, durchgeführt werden [6, 83].

### **1.4.1.2 Überschwellige Diagnostik und Impedanzaudiometrie**

Die überschwellige Diagnostik beinhaltet Testverfahren, die einerseits das Hören bei mittlerer und großer Lautstärke abbilden und andererseits zwischen sensorischer und neuronaler Schwerhörigkeit unterscheiden lassen.

Recruitmenttests überprüfen subjektiv empfundene Lautheit bei größer werdender Lautstärke, was als Lautheitsausgleich bezeichnet wird. Ein positives Ergebnis (d. h. es findet ein Lautheitsausgleich statt) deutet auf eine Innenohrschwerhörigkeit hin, ein negatives Recruitment auf eine neuronale Genese. Allerdings schließt ein positives Recruitment eine (zusätzliche) neuronale Schwerhörigkeit auch nicht aus. Die Unbehaglichkeitsschwelle ähnelt bei Innenohrschwerhörigkeit der eines Hörgesunden. [vgl. 58]

Das Geräuschaudiogramm ist ein Tonaudiogramm mit Störgeräusch (also in nicht ruhiger Umgebung). Hierbei soll ein Ton aus einem Rauschen herausgehört werden. Dieser Test eignet sich insbesondere für Hoch- und Tieftonschwerhörigkeit.

Bei Innenohrschwerhörigkeit findet ein plötzliches Auftauchen des Tons aus dem Rauschen statt, verläuft dann parallel zur gewählten Geräuschlautstärke und mündet in einen gewählten Frequenz-Bezugspunkt des Hörverlustes. Bei neuronaler Schwerhörigkeit muss der Ton eine größere Lautstärke als das Geräusch aufweisen, um wahrgenommen zu werden, und weicht dem gesetzten Bezugspunkt nach unten aus. [vgl. 58]

Verschiedene Erkrankungen des Mittelohres können anhand der Impedanzaudiometrie näher untersucht werden. Mit der Tympanometrie lassen sich Druckunterschiede zwischen Mittelohr und äußerem Gehörgang herstellen. Darüber hinaus ermöglicht die Messung der Trommelfellcompliance, dass Aussagen z. B. zu möglichen Trommelfelldefekten, Tuben- und Mittelohrfunktion getroffen werden können. Eine etwas speziellere Messung stellt die Impedanzänderung durch den Stapediusreflex dar, welche zusätzliche Aussagekraft v. a. bei neuronal bedingter Schwerhörigkeit besitzt [54]. Bei der Stapediusreflexmessung werden außerdem (laute, tieffrequente) Töne verwendet, um den Stapediusreflex ipsi- und/ oder kontralateral zu überprüfen. [vgl. 7, 47, 54, 84]

#### **1.4.1.3 Objektive Messverfahren**

Wenn subjektive Messverfahren nicht durchführbar sind, wie z. B. bei Kleinkindern, sind objektive Messverfahren oft die einzige Alternative. Unter den objektiven Messverfahren stellen die Messungen der otoakustischen Emissionen (OAE) und der akustisch evozierten Potentiale (AEP) die wichtigsten Methoden dar.

OAE sind durch die äußeren Haarzellen im Innenohr entstehende Schallwellen, die mittels eines empfindlichen Miniaturmikrofons registriert werden können. Für die Diagnostik sind vor allem durch kurze äußere Schallreize angeregte (transitorisch evozierte) OAE, die Rückschlüsse auf die cochleäre Funktion zulassen, von Bedeutung. Zur Bestimmung des Recruitments sind diese ebenfalls nutzbar. Im Gegensatz zu den AEP lassen sich die OAE bereits zum Neugeborenenenscreening nutzen. [vgl. 8, 36, 48, 49, 85]

AEP (auch: elektrische Reaktionsaudiometrie bzw. Evoked Response Audiometry, ERA) sind mit deutlich mehr Aufwand (z. B. EEG (Elektroenzephalogramm)) verbunden, lassen dafür aber zusätzlich Rückschlüsse auf die Funktion der gesamten Hörbahn zu. Eine häufig eingesetzte Form zur Ermittlung früher

auditorisch evozierter Potentiale ist die Brainstem Evoked Response Audiometry (BERA). [vgl. 9, 50, 80, 86]

Zur objektiven Überprüfung der Mittelohrfunktion eignet sich die bereits genannte Impedanzaudiometrie.

## **1.4.2 Audiometrie**

### **1.4.2.1 Freifeldaudiometrie**

Eine Freifeldaudiometrie ist die Prüfung im freien Schallfeld über Lautsprecher statt über Kopfhörer. Die Durchführung findet in speziell gedämmten audiologischen Kabinen statt. Die Freifeldaudiometrie sollte insbesondere bei der Überprüfung des Hörvermögens mit Hörhilfen angewendet werden [51].

### **1.4.2.2 Tonaudiometrie**

Eine weitere Möglichkeit die Luft- und Knochenleitung zu überprüfen, stellt die Tonaudiometrie mittels Audiometer dar. Hierbei werden jeweils über Knochen- und Kopfhörer (oder auch im freien Schallfeld) Töne verschiedener Frequenzen und Lautstärken dargeboten und bei Wahrnehmung in ein Audiogramm eingetragen. So können für die verschiedenen Frequenzen Hörschwellen ermittelt und Pathologien eingeschätzt werden. Auch die Unbehaglichkeitsschwelle, also diejenige Lautstärke, bei der es unangenehm laut wird, muss zur Hörgeräteanpassung ermittelt werden. [vgl. 6, 52, 55]

### **1.4.2.3 Fehlermöglichkeiten und Vertäubung**

Neben Fehlerquellen der Durchführung (z. B. ein nicht-schallisolierter Raum oder der falsche Sitz der Hörer) soll durch Vertäubung des Gegenohres ein Überhören, also eine Wahrnehmung des angebotenen Signals auf dem Gegenohr, verhindert werden. Dafür wird ein Geräusch aus einem Luftleitungshörer auf das Gegenohr gebracht. Bei der Tonaudiometrie wird ein Schmalbandrauschen (im Frequenzbereich des Prüftons) und für die Sprachaudiometrie ein weißes Rauschen (über den gesamten Frequenzbereich) verwendet [vgl. 6, 53, 56, 87], wie z. B. das CCITT-Rauschen. Das standardisierte CCITT-Rauschen simuliert eine Sprachfrequenzverteilung und wurde vom Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique (CCITT, deutsch: Internationaler Beratender Ausschuss für den Telegrafien- und Telefondienst) entwickelt. Es handelt sich hierbei um eine

Zusammensetzung aus mehreren männlichen und weiblichen Stimmen unterschiedlicher Sprachen [33, 35].

### 1.4.3 Sprachaudiometrie und Freiburger Einsilbertest

Der heutige Standard der Hörprüfung, insbesondere auch für die Indikation einer Hörgeräteversorgung, stellt die Sprachaudiometrie dar, wobei hier standardmäßig der Freiburger Einsilbertest verwendet wird.

Um eine sprachaudiometrische Messung erfolgreich vornehmen bzw. auswerten zu können, müssen die Voraussetzungen der Hörbarkeit (also ein Pegel oberhalb der Hörschwelle), der Sprachverständlichkeit (dass Sprachlaute via Innenohr und Hörbahn möglichst exakt verstanden werden) und des Sprachverstehens (also der kognitiven Verarbeitung) erfüllt sein. Letzteres ist ggf. auch von Wortschatz, grammatikalischem und semantischem Wissen sowie der Fähigkeit der Korrektur der ersten beiden Verarbeitungsstufen abhängig. Dies bietet wiederum die Möglichkeit, entweder reine Diagnostik (Silben, Einzelwörter) oder eine Testung auf das alltagsrelevante Sprachverstehen (ganze Sätze – steilere Diskrimination) durchzuführen. [vgl. 88]

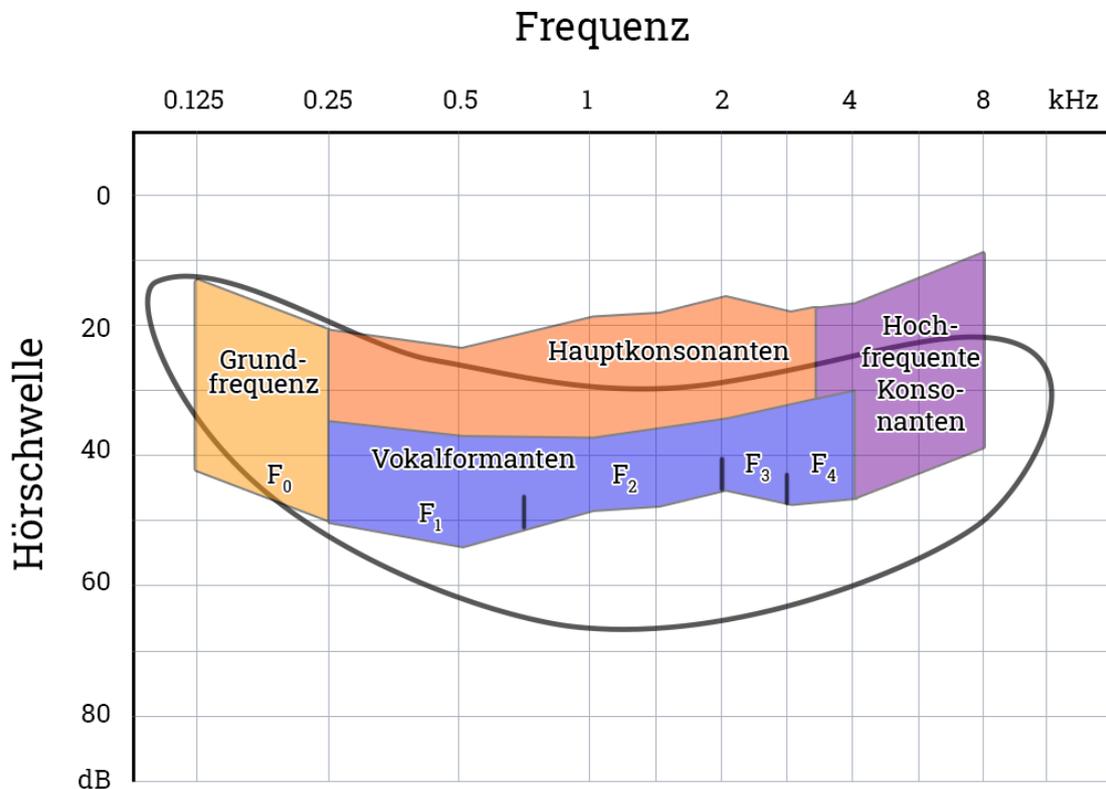
Die Auswahl entsprechender Tests ist vielfältig (vgl. Tabelle 1.2).

<b>Logatome</b>	Vokal- und Konsonantenidentifizierung und -verwechslung: Logatomtests, SUN-Test, TiTaTu-Test	
<b>Einsilber</b>	Mainzer,	Freiburger Einsilber, Göttinger Kindertest, Einsilber-Reimtest nach Sotschek/ von Wallenberg/ Kollmeier (WAKO)
<b>Zweisilber</b>	MATCH	Oldenburger Kinderreimtest (OLKi), Regensburger OLKi-Variante im Störgeräusch (R-OLKi), Adaptiver Auditiver Sprachtest (AAST)
<b>Mehrsilber/ Zahlen</b>	Freiburger Zahlen, Aachener Dreisilber	
<b>Sätze</b>	Göttinger Satztest (GöSA), HSM-Test, Oldenburger Satztest (OLSA), Oldenburger Kinder-Satztest (OLKiSA)	
<b>Fließtext</b>	Speech Tracking, Beurteilung der Höranstrengung	

**Tabelle 1.2** sprachaudiometrische Testverfahren

*Aufgelistet sind verschiedene Beispiele sprachaudiometrischer Testverfahren eingeteilt in Abhängigkeit von der dargebotenen Sprachkomplexität [entnommen aus 88].*

Die akustischen Eigenschaften von Sprache (Schallpegel, Frequenz und zeitliche Struktur) haben, sowohl in der Sprache selbst (Vokale vs. Konsonanten, etc.) als auch in der Art wie sie gesprochen wird (Mann – Frau – Kind, Lautstärke, Umgebung, u. a.), eine sehr große Varianz (vgl. Abbildung 1.3).



**Abbildung 1.3** Sprachfeld von normaler Sprache

Gezeigt ist der Bereich an Tönen mit den entsprechenden Frequenzen in kHz und Schallpegeln für die Hörschwelle in dB, der der normalen Sprache mit Grundton, Konsonanten und Vokalen entspricht. Die Darstellung als „Sprachbanane“ nach Fant 1948 (schwarze Linie) ist veraltet und wurde durch die Abbildung des Sprachpegelfelds nach Steffens (bunte Fläche) korrigiert [vgl. 100].

Dementsprechend muss eine geeignete Testauswahl erfolgen. Durch Mittelung sollte eine Normung vorgenommen werden, da bei zu lauter Sprache die Vokale, bei zu leiser Sprache die Konsonanten zu stark gewichtet werden. Die Normung für den Schallpegel z. B. sind 65 dB in einem Meter Abstand. Es kann ebenso mit Kopfhörern wie auch im freien Schallfeld gemessen werden. Des Weiteren ist die Messung mit einem Störschall möglich und sinnvoll. Um zufällige Fehler zu vermeiden, sollte zum Ausgleich der Korrekturfähigkeit eine möglichst hohe Anzahl

von Einsilbern oder Wörtern in Satztests verwendet werden (die Empfehlung liegt bei 40 für Silben und Worte bzw. bei 100 für Sätze). [vgl. 57, 88]

Darüber hinaus können offene und geschlossene Testverfahren unterschieden werden. Bei den offenen Verfahren spricht der Patient Silben und Wörter nach. Die Beurteilung, ob etwas richtig oder falsch verstanden wurde, stellt hohe Anforderungen an den Untersucher. Bei den geschlossenen Verfahren tippt der Patient auf eine Auswahl an Alternativen. Hierbei sind jedoch für jedes Testverfahren definierte Normalwerte erforderlich, da sie weniger herausfordernd als die offenen Verfahren sind. [vgl. 11, 77, 88]

Nun kann entweder die absolute Sprachverständlichkeit bei besagten 65 dB oder die Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) gemessen werden. Bei der SVS wird derjenige Pegel ermittelt, bei dem 50 % der Wörter verstanden werden. Im Störgeräusch wird dabei für die Ermittlung des Signal-Rausch-Abstands (SNR – signal-noise-ratio) entweder bei festgelegtem Störgeräuschpegel ein variabler Sprachpegel (vorteilhaft bei im Alltag i. d. R. wenig variierendem Rauschpegel) oder, andersherum, bei festgelegtem Sprachpegel ein variierender Störgeräuschpegel dargeboten, was zu diagnostischen Zwecken eher empfohlen wird. [vgl. 57, 88]

Auch in der Sprachaudiometrie sollte eine Vertäubung stattfinden. Die Durchführung einer Vertäubung gestaltet sich im freien Schallfeld deutlich schwerer als mit Kopfhörern, bietet jedoch ein alltagsnäheres Szenario [57, 88].

In der Praxis ist trotz der Vielfalt neuer Testverfahren der 1953 von Hahlbrock beschriebene Freiburger Sprachverständlichkeitstest [26–28] aufgrund seiner guten Untersuchung immer noch am verbreitetsten. Der Freiburger Sprachverständlichkeitstest besteht aus zwei Komponenten: dem Zahlentest (FBZ) aus zehn Gruppen mit je zehn mehrsilbigen Zahlen und dem Einsilbertest (FBE) aus 20 Gruppen mit je 20 einsilbigen Wörtern. Die Laute der einzelnen Testlisten entsprechen etwa der durchschnittlichen Lauthäufigkeit in der deutschen Sprache. Die Verständlichkeit zwischen den Listen der Einsilber weicht teils deutlich vom Mittelwert ab, sodass nicht mehr alle verwendet werden sollten. Dennoch eignet sich die Anwendung des FBE aufgrund der insgesamt schwereren Verständlichkeit besser zur Beurteilung von Hochtenschwerhörigkeit als der FBZ. Die SVS hingegen lässt sich durch die

leichtere Verständlichkeit der Zahlen anhand des FBZ gut ermitteln. Wird bei kontinuierlicher Pegelerhöhung im FBE eine Verständlichkeit von 100 % erreicht (vor Erreichen der Unbehaglichkeitsschwelle), so ist eine Verbesserung durch Hörgeräteversorgung deutlich wahrscheinlicher als bei niedrigeren Ergebnissen. [vgl. 44, 57, 88]

Erst seit Kurzem ist der FBE auch im Störgeräusch besser untersucht [25, 65, 69, 79, 110] und hat Einzug in die Hilfsmittel-Richtlinie [23, 24] erhalten.

#### **1.4.4 Frageninventare und APHAB**

Der Unterschied zwischen reiner Funktionsstörung (gemessener Hörverlust) und Behinderung („Handicap“, Einschränkung im Alltag) lässt sich mit Frageninventaren erfassen, da oft eine Diskrepanz zwischen audiologischem und subjektiv empfundenem Nutzen besteht [39]. Bei diesen Frageninventaren geben die Patienten an, wie gut oder schlecht sie in den abgefragten Situationen zurechtkommen bzw. hören. Es gibt Frageninventare, die den Gewinn nach Hörgeräteversorgung untersuchen, und solche, die eher die Zufriedenheit der Anpassung erfragen. Des Weiteren sind Frageninventare neben der Hilfsmittel-Richtlinie ein gutes Mittel zur ergänzenden Qualitätssicherung für die Hörgeräteversorgung und zur Messung der Patientenzufriedenheit [70]. Sie sind für einen breiten Anwendungsbereich geeignet und wenig zeitaufwändig.

Viele Frageninventare bieten sich jedoch für den umfassenden diagnostischen Einsatz aus verschiedenen Gründen nicht an: zum OI (Oldenburger Inventar) liegen zu wenige Publikationen zur Ergebnisbewertung vor, der GAHBP (Glasgow Hearing Aid Benefit Profile) ist zu komplex in der Fragestellung; SADL (Satisfaction with Amplification in Daily Life) und ECHO (Expected Consequences of Hearing Aid Ownership) messen die Zufriedenheit und stellen damit keine Parameter für die Überprüfung der Indikation und des Erfolgs in Bezug zu audiometrischen Verfahren dar [63].

Ein bereits in den USA [13, 15, 37, 92] und seit Kurzem auch in Deutschland (übersetzt durch HARL – Hearing Aid Research Laboratory) gut untersuchtes Inventar ist der APHAB [61, 63, 68, 70–72]. Dieser Fragebogen wird von den Patienten vor und nach einer Hörgeräteversorgung ausgefüllt und misst den (Hör-) Gewinn (im Original: *benefit*), der durch das Hörgerät erzielt wird [71].

Dazu enthält der APHAB 24 Fragen aus verschiedenen Alltagssituationen, die in vier verschiedene Kategorien zu je sechs Fragen gegliedert werden können. Die EC-Skala (*Ease of Communication*) überprüft einfache Hörsituationen, z. B. einen Dialog in ruhiger Umgebung; die BN-Skala (*Background Noise*) testet das Hören mit Störgeräuschen ab, wie es bei einer Unterhaltung mit Nebengeräuschen der Fall ist; die RV-Skala (*Reverberation*) beinhaltet das Hören von Sprache in Räumen mit Hall oder Echo; und die AV-Skala (*Aversiveness of Sounds*) erfragt die Unbehaglichkeit durch Lärm. Der Patient soll dabei auf einer siebenstufigen Skala (A-G) zu jeder Frage angeben, wie sehr die angegebene Situation von „nie“ bis „immer“ auf ihn zutrifft (vgl. 7.2 APHAB-Fragebogen). Das Ausfüllen beansprucht i. d. R. ca. zehn Minuten [13, 70].

Die Skala wird anschließend Prozenträngen von 1 (A bzw. nie) - 99 (G bzw. immer) zugeordnet und für jede Kategorie (EC, BN, RV, AV) der Mittelwert errechnet. Die Differenz der Mittelwerte nach und vor Hörgeräteversorgung ergibt dann den Gewinn. Es gilt noch zu beachten, dass die Fragen 1, 9, 11, 16, 19 und 21 invers formuliert sind (also gefragt wird, ob es keine Verstehensschwierigkeiten in den jeweiligen Situationen gibt) und die Prozentränge vor Mittelwertbildung invertiert werden müssen [61].

Der APHAB etablierte sich nach seinem Nachweis auf Reliabilität und Validität [16] in den USA und konnte Gleiches auch in der deutschen Version zeigen [70]. In Verbindung mit der Unbehaglichkeitsschwelle konnte sogar eine Prädiktion für den Erfolg einer Hörgeräteanpassung gestellt werden. Je nach Wert einer bestimmten Untertabelle vor Hörgeräteversorgung ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit für den resultierenden Nutzen mit Hörgerät [21, 68, 71, 74]. Hierzu wurden auch verschiedene Verfahren zum Prognostizieren eines möglichen Versorgungserfolgs analysiert [105, 106]. Zur besseren Auswertbarkeit und im Hinblick auf weitere Studien wurde in den letzten Jahren eine onlinebasierte APHAB-Datenbank („quihz.de“) angelegt [18, 63]. QuiHz ist die Qualitätssicherung der Integrierten Hörsystemversorgung durch Qualitätszirkel, eine Institution, die der Deutschen Fortbildungsgesellschaft der HNO-Ärzte mbH angehört. Cox legt anhand subjektiver Erfahrungswerte eine Verbesserung von fünf Prozentpunkten pro APHAB-Score und 22 Prozentpunkten in den Skalen EC, BN und RV zusammen als signifikanten Nutzen einer Hörgeräteversorgung fest [14]. Weitere Unter-

suchungen zeigten, dass der APHAB<sub>u</sub> (ohne Hörgerät) bei der Ermittlung eines Hörverlustes von mindestens 25 dB in einer der Oktavenfrequenzen zwischen 500 und 8000 Hz frequenzabhängig eine Sensitivität zwischen 0,70 und 0,84 und eine Spezifität zwischen 0,79 und 0,95 aufweist [75]. Eine Überprüfung auf Abhängigkeit des APHAB<sub>u</sub> von Standardaudiogrammen ergab unterschiedliche Ergebnisse. Für die EC-, aber auch für die RV-Skala, konnte eine gewisse Korrelation [72], insgesamt jedoch kein eindeutiger Zusammenhang gezeigt werden. Dies spricht für eine hohe, interindividuell unterschiedliche Kompensationsfähigkeit [64, 67]. Für höhere APHAB<sub>u</sub>-Werte in allen Subskalen zeigte sich jedoch, dass diese mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für einen frequenzspezifischen Hörverlust assoziiert sind [73]. Eine geringere Beantwortungsfrequenz einiger Fragen der RV-Untertabelle kann vermutlich mit fehlender Alltagsrelevanz für viele Patienten (Kino, Theater, Kirche) erklärt werden, zeigte jedoch ebenfalls keine abweichenden Ergebnisse [68]. Auch die Alltagsrelevanz der APHAB-Fragen und der Einfluss auf ihre Beantwortung wurde untersucht [102, 103]. Geschlechterspezifische Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden [67]. Da der APHAB jedoch zu lang und daher ungeeignet für ein breites Screening, z. B. beim Hausarzt, ist, werden hierfür kürzere Frageninventare entwickelt.

## **1.5 Ziel und Fragestellung dieser Arbeit**

Schwerhörigkeit ist ein häufiges und bedeutendes Symptom. Des Weiteren ist eine fehlende flächendeckende Versorgung mit Hörgeräten ein Problem, dem es entgegenzuwirken gilt.

Um eine behandlungsbedürftige Schwerhörigkeit bereits frühzeitig zu entdecken und auf diese Weise eine mögliche Unterversorgung zu reduzieren, bieten sich neben den audiologischen Verfahren Frageninventare wie der APHAB an. Es wurden, wie bereits genannt, verschiedene Untersuchungen zu den Eigenschaften des APHAB durchgeführt. Eine Analyse auf Abhängigkeiten zwischen dem sprachaudiometrischen Hörverlust im FBE und dem APHAB fehlt jedoch bisher.

In dieser Arbeit soll daher geklärt werden, ob der APHAB als Frageninventar mit den Ergebnissen des gängigen indikationsdiagnostischen Verfahrens der Sprachaudiometrie „Freiburger Einsilbertest“ korreliert. Insbesondere soll geprüft werden,

ob die Untertests des APHAB in unterschiedlicher Weise mit dem FBE ohne (FBE-O) und mit (FBE-S) Störschall sowie ohne und mit Hörgeräten korrelieren und somit zur Verbesserung der Hörgeräteversorgungsqualität beitragen.

## **2 Material und Methoden**

Eine Veröffentlichung von Teilergebnissen dieser Promotionsarbeit erfolgte im Juni 2021 in der Zeitschrift „Laryngo-Rhino-Otologie“ [76]. Dort wurde der Methodenteil in seinen Grundzügen vorgestellt und die Datenerhebung, Ein- und Ausschlusskriterien sowie die statistische Auswertung kurz erläutert. Diese Aspekte werden hier aufgegriffen und ergänzt bzw. vervollständigt. Des Weiteren wurden in der genannten Veröffentlichung auch erste Interpretationen dargestellt.

### **2.1 Ethik**

Bei dieser Studie wurden ausschließlich retrospektiv bereits vorhandene und anonymisierte Patientendaten verwendet. Da keine weiteren für die Patienten belastenden Maßnahmen erfolgten, wurde das Promotionsvorhaben lediglich bei der Ethikkommission der Universität zu Lübeck gemeldet und erfragt, ob ein Ethikantrag verzichtbar sei (vgl. 7.1.1 Promotionsanzeige). Dieser Bitte wurde entsprochen (s. 7.1.2 Genehmigung).

### **2.2 Datenerhebung**

In der QuiHz-Datenbank [18] wurden audiologische Daten (Hörverluste in Tonschwellenaudiogrammen) von über 3.500 Patienten einschließlich über 3.000 Ergebnisse aus APHAB-Fragebögen gespeichert. Bei mehreren 100 Patienten aus dieser Datenbank lagen zusätzlich entsprechende Ergebnisse aus sprachaudiometrischen Untersuchungen vor.

Es wurden daraufhin alle Patienten aus der Datenbank herausgefiltert, bei denen jeweils vor und nach Hörgeräteversorgung sowohl die ausgefüllten APHAB-Fragebögen als auch die Ergebnisse der sprachaudiometrischen Untersuchungen mit dem Freiburger Einsilbertest ohne und mit Störschall vorlagen. Einige Testungen lagen mehrfach vor, so dass hier die zeitlich am ehesten zusammenhängenden Datensätze ausgewählt wurden. Insgesamt konnten so 291 Datensätze gewonnen und in einer Excel-Tabelle zusammengefasst werden. Zusätzlich wurden das Geschlecht und Geburtsjahr der Patienten, der Grad der Hörminderung, das

Erfassungsdatum des jeweiligen Tests, die Prozentangaben der verstandenen Wörter im FBE ohne und mit Störschall sowie der Zustimmungsggrad zu den Fragen des APHAB eingetragen. Die Ergebnisse zu den Fragen 1,9,11,16,19 und 21 des APHAB waren bereits im Vorfeld in der Datenbank invertiert worden. Im Anschluss an die Zusammenfassung wurden die Daten anonymisiert.

Die Verwendung der APHAB-Dreifrequenz-Tabelle [70, 71] ermöglicht eine Vergleichbarkeit mit anderen Publikationen zum APHAB. Der Hilfsmittel-Richtlinie [23] entsprechend erfolgten die sprachaudiometrischen Messungen bei 65 dB Nutzschall und 60 dB Störschall (0°/0°, CCITT-Rauschen [35]). Der Gewinn durch eine Hörgeräteversorgung im FBE wurde analog zum Gewinn im APHAB durch Differenzbildung der Messungen mit und ohne Hörgerät ermittelt. Die Erfassung fand in den Jahren 2011 bis 2015 statt.

### **2.3 Ein- und Ausschlusskriterien**

In der Datenbank lagen für 291 Patienten vollständige Ergebnisse zu Freifeldversuchen mit dem FBE ohne und mit Störschall sowie jeweils vor und nach einer Hörgeräteversorgung ausgefüllte APHAB-Fragebögen vor.

Für einen Einschluss in die dargestellte Analyse mussten mindestens vier der sechs Fragen pro Kategorie (EC, BN, RV, AV) im APHAB beantwortet werden. Altersbeschränkungen ergaben sich nur aufgrund der Fähigkeit an den jeweiligen Tests teilzunehmen. Auch Patienten, die im Verlauf verstarben, wurden eingeschlossen, da die erhaltenen Daten dadurch nicht unbrauchbar wurden.

Bei 88 Patienten lagen die sprachaudiometrische Messung und das Ausfüllen der Befragungsbögen mindestens ein Jahr auseinander. Da sich die Gefahr eines Krankheitsfortschritts mit zunehmender Zeit erhöht und damit in Zusammenhang stehende Unterschiede in den Messergebnissen wahrscheinlicher werden, wurden diese Daten ausgeschlossen. Bei weiteren acht Patienten erfolgte ein Ausschluss infolge unzureichend ausgefüllter Fragebögen. Von den verbliebenen 195 Datensätzen mussten noch einmal 39 wegen nicht ausreichender Erfassung (n = 27), nicht vorhandener Einwilligung (n = 14) und Abbruch der Hörgeräteversorgung (n = 11) ausgeschlossen werden. Weitere, bereits zuvor bestimmte

Ausschlusskriterien zur APHAB-Erfassung waren eine Differenz der Summe der Hörverluste bei den Frequenzen 500, 1000 und 2000 Hz zwischen dem linken und dem rechten Ohr größer als 60 dB in der APHAB-Dreifrequenztabelle (um einer Ergebnisverzerrung durch zu große Seitendifferenz vorzubeugen), Demenz, das Vorliegen einer Sprachbarriere sowie ein Teilnahmeausschluss auf Patientenwunsch [63]. Übrig blieben so 156 verwertbare Datensätze.

## 2.4 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung der Daten wurden verschiedene Programme verwendet. Zunächst wurden in der zusammengestellten Excel-Tabelle die Mittelwerte für den APHAB<sub>u</sub> (APHAB ohne Hörgerät) und APHAB<sub>a</sub> (APHAB mit Hörgerät), inklusive der einzelnen Unterkategorien (EC, BN, RV, AV), und eine Zusammenfassung aus EC, BN und RV errechnet. Diese wurden invertiert, um, wie bei den Sprachaudiometrieergebnissen, durch hohe Prozentangaben eine hohe Sprachverständlichkeit anzugeben. Des Weiteren wurde für jede Kategorie der Gewinn ermittelt, indem sowohl beim APHAB (bzw. den jeweiligen Unterskalen) als auch beim FBE (jeweils ohne und mit Störschall) die Differenz aus den Post- und Prä-Hörgeräteversorgungsergebnissen für jeden Patienten berechnet wurde.

Für die deskriptive Statistikanalyse wurde SPSS 25 verwendet. Die vorhandenen Daten wurden aus der erstellten Excel-Tabelle in das Programm importiert und nachfolgend analysiert.

Für die Korrelationsanalyse wurde mit GraphPad Prism 5 und 7 gearbeitet. Die zu analysierenden Daten wurden hierfür ebenfalls aus der Excel-Tabelle in das Programm integriert und mit den geeigneten Korrelationstests untersucht. Für die durchgeführten Analysen wurden Verteilungsdiagramme erstellt. Bei Vorliegen nichtparametrischer Daten erfolgte eine Korrelationsanalyse nach Spearman [2, 3] mit der Ermittlung des Korrelationskoeffizienten  $r_s$  sowie des 95%-Konfidenzintervalls (KI) und des Signifikanzwertes  $p$ . Die Bewertung der Stärke der Korrelation orientiert sich an der Einteilung nach Cohen [12], wobei  $0,1 \leq |r_s| < 0,3$  einem schwachen,  $0,3 \leq |r_s| < 0,5$  einem mittleren und  $|r_s| \geq 0,5$  einem starken Effekt entspricht. Mit dem Korrelationstest nach Bland und Altman [4, 5] wurde eine weitere differenziertere Analyse durchgeführt und ebenfalls graphisch in einem

Diagramm dargestellt. Dazu wurden die Differenzen (Messunterschiede) in Abhängigkeit der Durchschnitte (Messwerthöhe) gegeneinander aufgetragen. Außerdem wurde der Mittelwert der Differenz (Bias), welcher die systematische Abweichung widerspiegelt, und der aus den entsprechenden Standardabweichungen resultierende Übereinstimmungsbereich (Limits of Agreement), innerhalb dessen sich 95 % der Wertpaarabweichungen befinden, berechnet und dargestellt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha < 0,05$  festgelegt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Deskriptive Statistik

In die statistische Auswertung fließen 156 Patientendatensätze ein. Hierbei werden die Datensätze von 73 Frauen (46,8 %) und 83 Männern (53,2 %) verwendet. Die Altersverteilung ist in Tabelle 3.1 dargestellt. Der zweiseitige z-Test [10, 38] bestätigt, dass es keinen wesentlichen Unterschied zwischen der hier untersuchten Stichprobe und der Verteilung der Grundgesamtheit der QuiHz-Datenbank gibt (Mittelwert (MW): 70,1 Jahre, Standardabweichung (SD): 16,6 Jahre,  $p = 0,0027$ , Stand 01.02.2021) [18, 63, 76].

	Min	Max	Spannweite	MW	SD	Median
ges.	40	93	53	70,5	11,17	73
w	40	93	53	70,0	12,14	74
m	45	93	48	70,9	10,31	72

**Tabelle 3.1** Altersverteilung

*Dargestellt ist die Altersverteilung gesamt (ges.) sowie aufgeteilt nach Geschlecht (w = weiblich, m = männlich), jeweils mit unterer (Min) und oberer (Max) Altersgrenze und Spannweite sowie Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Median in Jahren.*

Die Verteilung über die Grade der Hörminderung nach der APHAB-Dreifrequenztafel [70, 71] ist in Tabelle 3.2 gezeigt. Anhand des Kolmogorow-Smirnow-Tests [60] lässt sich für diese Werte eine Normalverteilung nachweisen ( $p = 0,933$ ) [76].

GDH	1	2	3	4	5
Anzahl	6	43	65	41	1
Anteil	3,8 %	27,6 %	41,7 %	26,3 %	0,6 %

**Tabelle 3.2** Grad der Hörminderung

*Gezeigt ist die Verteilung der Probanden auf die einzelnen Grade der Hörminderung und der entsprechende prozentuale Anteil aller Probanden. Die Werte lassen auf eine Normalverteilung schließen.*

Das Verteilungsbild für die Ergebnisse der einzelnen Tests ist in Tabelle 3.3, Tabelle 3.4 und Tabelle 3.5 aufgeführt.

	APHAB					FBE	
	EC	BN	RV	ECBNRV	AV	FBE-O	FBE-S
<b>MW</b>	51,5	57,0	59,6	56,0	55,2	55,7	37,5
<b>Max</b>	95,3	99,0	99,0	97,8	95,3	100,0	95,0
<b>Min</b>	3,0	5,0	3,4	3,8	3,4	0,0	0,0
<b>Median</b>	52,0	58,5	60,5	56,0	55,5	60,0	40,0
<b>SD</b>	20,6	17,4	20,2	17,6	18,6	30,0	25,5

**Tabelle 3.3** Ergebnisse ohne Hörgerät

Dargestellt sind der Mittelwert (MW), Maximum (Max) und Minimum (Min) sowie Median und Standardabweichung (SD) der ohne Hörgerät erreichten Prozentränge aus dem Patientenkollektiv der jeweiligen Unterskalen des APHAB sowie des FBE ohne (FBE-O) und mit Störschall (FBE-S).

	APHAB					FBE	
	EC	BN	RV	ECBNRV	AV	FBE-O	FBE-S
<b>MW</b>	70,9	70,9	76,6	72,8	67,6	75,3	56,7
<b>Max</b>	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	100,0	100,0
<b>Min</b>	15,4	31,5	27,2	33,2	3,0	0,0	0,0
<b>Median</b>	73,3	71,1	81,4	76,0	70,4	80,0	60,0
<b>SD</b>	17,3	14,6	18,1	14,5	20,2	22,6	25,3

**Tabelle 3.4** Ergebnisse mit Hörgerät

Dargestellt sind Mittelwert (MW), Maximum (Max) und Minimum (Min) sowie Median und Standardabweichung (SD) der mit Hörgerät erreichten Prozentränge aus dem Patientenkollektiv der jeweiligen Unterskalen des APHAB sowie des FBE ohne (FBE-O) und mit Störschall (FBE-S).

	APHAB					FBE	
	EC	BN	RV	ECBNRV	AV	FBE-O	FBE-S
<b>MW</b>	19,4	13,9	16,9	16,8	12,4	19,5	19,2
<b>Max</b>	88,3	80,2	84,8	84,2	76,8	80,0	70,0
<b>Min</b>	-23,6	-34,8	-35,0	-24,2	-53,2	-20,0	-30,0
<b>Median</b>	19,4	12,5	18,5	15,7	14,2	15,0	15,0
<b>SD</b>	21,7	19,0	22,9	18,5	23,4	17,6	17,7

**Tabelle 3.5** Ergebnisse Gewinn

Dargestellt sind Mittelwert (MW), Maximum (Max) und Minimum (Min) sowie Median und Standardabweichung (SD) des errechneten Gewinns aus dem Patientenkollektiv der jeweiligen Unterskalen des APHAB sowie des FBE ohne (FBE-O) und mit Störschall (FBE-S).

### 3.2 Korrelationsanalyse

Die Ergebnisse werden zur besseren Übersicht in drei Gruppen unterteilt: ohne Hörgerät, mit Hörgerät und ermittelter Gewinn der Hörgeräteversorgung. Für jede Gruppe werden nacheinander die Korrelationsergebnisse der einzelnen Skalenebenen mit dem Freiburger Einsilbertest (ohne und mit Störschall) dargestellt.

In allen durchgeführten Analysen zeigt sich, dass der Störschall erwartungsgemäß durchweg mit einer niedrigeren Verstehensquote einhergeht, jedoch nur geringen Einfluss auf die Korrelation hat. Auch bei der Gewinnermittlung im FBE stellen sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Ergebnissen ohne und mit Störschall dar.

#### 3.2.1 Korrelation der ohne Hörgerät ermittelten Daten

Die Analysen der Daten, die ohne Hörgerät erzielt wurden, sehen wie folgt aus:

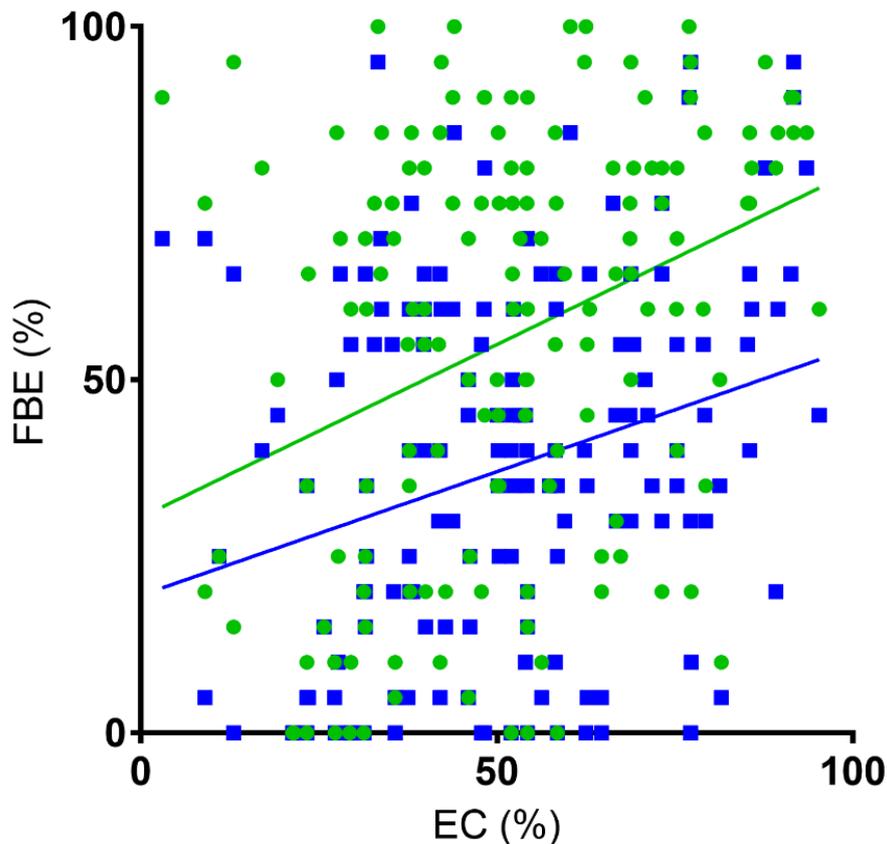
##### 3.2.1.1 Korrelationsanalyse der Untertabelle EC mit dem FBE

Die Korrelation der Untertabelle EC mit dem FBE zeigt im Streudiagramm ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.1). Anhand der Regressionsgeraden ist ein Trend mit einer gewissen Abhängigkeit zu sehen, die Streuung der Werte um die Gerade ist jedoch sehr breit. Diese macht auch deutlich, dass sich die Abhängigkeit von einem Störschall in erster Linie in den Ergebnissen des Hörtest selbst

niederschlägt, wobei erwartungsgemäß die Verstehensquote mit Störschall geringer ist als ohne.

In der weiteren Analyse nach Spearman ergeben sich ebenfalls nur geringe bis moderate, jedoch signifikante Korrelationsergebnisse (vgl. Tabelle 3.6). Der Störschall hat insgesamt wenig Einfluss auf die Korrelation, wirkt sich tendenziell jedoch negativ darauf aus ( $r_s$  ohne Störschall (oSS) >  $r_s$  mit Störschall (mSS)).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ein Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall. Der Bias wird mit Störschall deutlich größer. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.2). Allerdings zeigt sich bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden, dass ohne Störschall nur im mittleren Wertebereich die Übereinstimmungen hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.2). Mit Störschall ist die Übereinstimmung überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



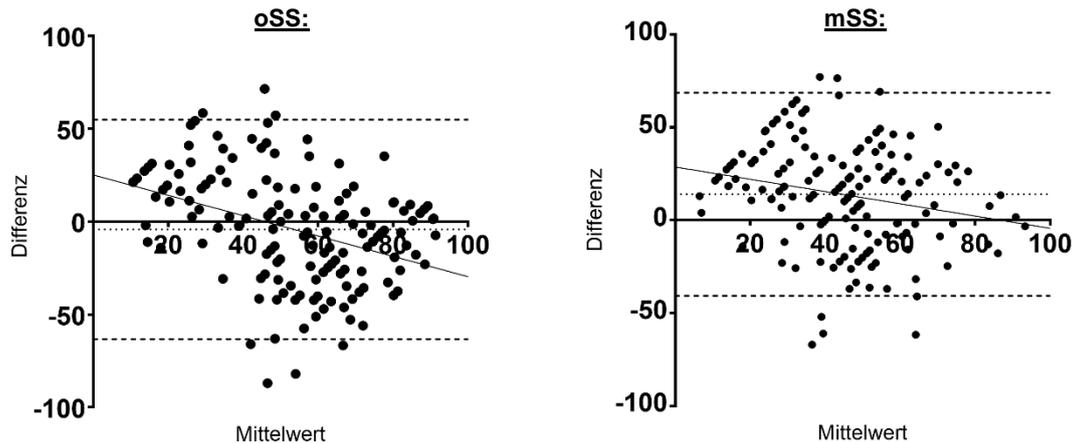
**Abbildung 3.1** Streudiagramm von EC vs. FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die ohne Hörgerät erreichten Prozentränge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der EC-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang erkennen lässt. Die Streuung der Werte um die Gerade fällt jedoch sehr groß aus.

	EC vs. FBE-O	EC vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.3272	0.2620
95 %-KI	0.1747 bis 0.4643	0.1047 bis 0.4064
p (zweiseitig)	<0.0001	0.0010
Stärke n. Cohen	mittel	schwach

**Tabelle 3.6** Korrelation nach Spearman von EC und FBE ohne Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der EC-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.2** Bland-Altman-Diagramm von EC und FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozentränge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -4,229; die SD des Bias ist 30,15; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -63,33 bis 54,87.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Messwerte für den FBE auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

Der Bias beträgt 13,98; die SD des Bias ist 27,88; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -40,66 bis 68,61.

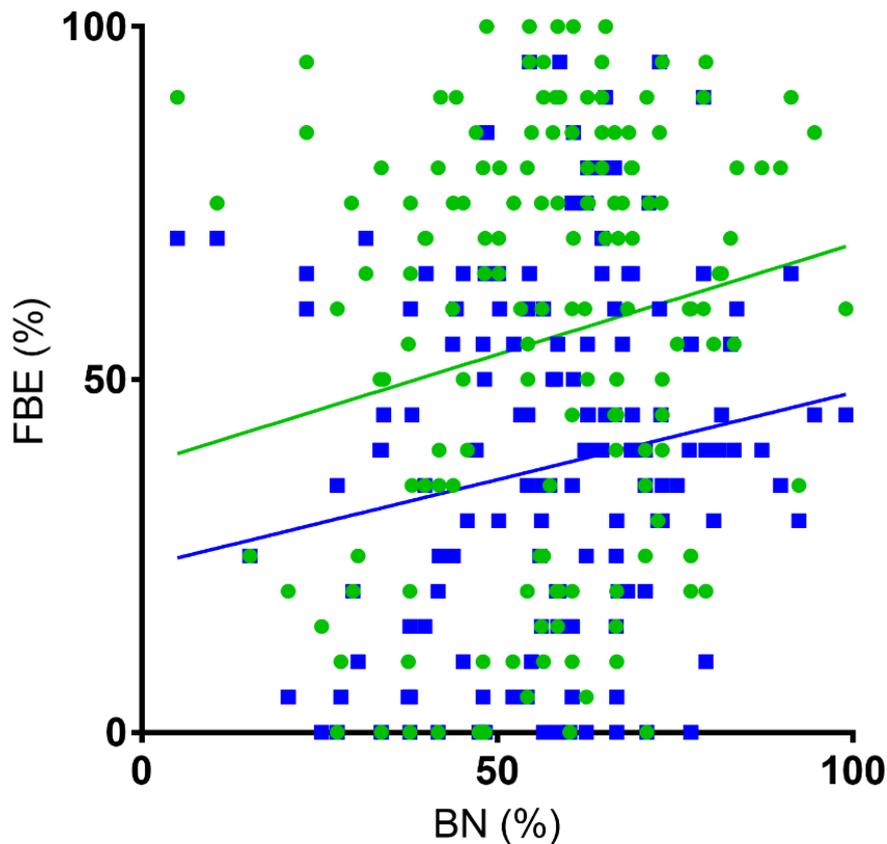
Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

### 3.2.1.2 Korrelationsanalyse der Untertabelle BN mit dem FBE

Die Korrelation der Untertabelle BN mit dem FBE zeigt ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.3). Anhand der Regressionsgeraden ist zwar ein Trend mit einer gewissen Abhängigkeit zu sehen, die Streuung der Werte um die Gerade ist jedoch sehr breit. Diese macht auch deutlich, dass sich die Abhängigkeit von einem Störschall in erster Linie in den Ergebnissen des Hörtest selbst niederschlägt, wobei erwartungsgemäß die Verstehensquote mit Störschall geringer ist als ohne.

In der weiteren Analyse nach Spearman ergeben sich, verglichen mit den Ergebnissen der EC-Untertabelle, noch etwas geringere Korrelationsergebnisse (vgl. Tabelle 3.7). Der p-Wert ist jedoch auch hier signifikant. Der Störschall hat weiterhin wenig Einfluss auf die Korrelation, wirkt sich jedoch bei der BN-Skala minimal positiv darauf aus ( $r_s \text{ oSS} < r_s \text{ mSS}$ ).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ebenfalls ein Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall. Der Bias wird mit Störschall deutlich größer. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.4). Bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden zeigt sich hier noch deutlicher, dass ohne Störschall nur im mittleren Wertebereich die Übereinstimmungen hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.4). Mit Störschall ist die Übereinstimmung überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



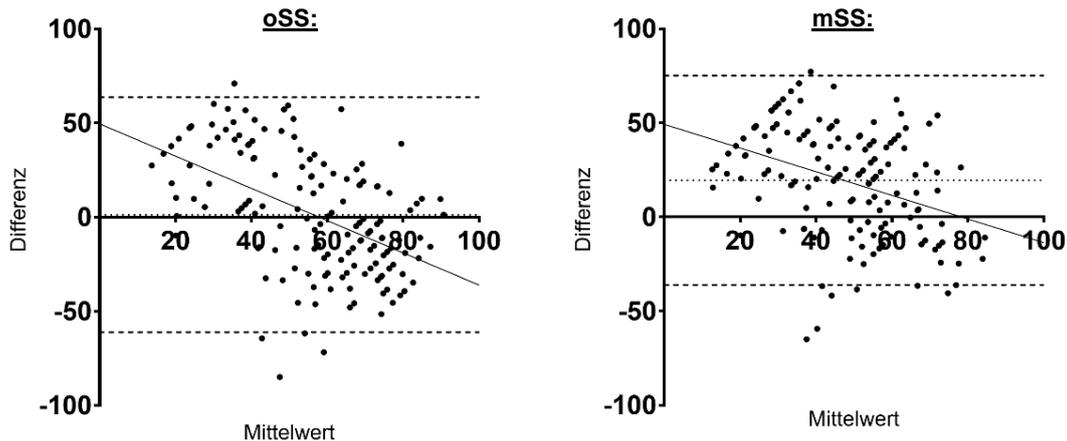
**Abbildung 3.3** Streudiagramm von BN vs. FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die ohne Hörgerät erreichten Prozentränge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der BN-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	<b>BN vs. FBE-O</b>	<b>BN vs. FBE-S</b>
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.1801	0.1887
95 %-KI	0.0189 bis 0.3321	0.0279 bis 0.3401
p (zweiseitig)	0.0245	0.0183
Stärke n. Cohen	schwach	schwach

**Tabelle 3.7** Korrelation nach Spearman von BN und FBE ohne Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der BN-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.4** Bland-Altman-Diagramm von BN und FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozentträgen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt 1,262; die SD des Bias ist 31,85; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -61,16 bis 63,68.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich eher höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Messwerte für den FBE auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

Der Bias beträgt 19,47; die SD des Bias ist 28,35; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -36,11 bis 75,04.

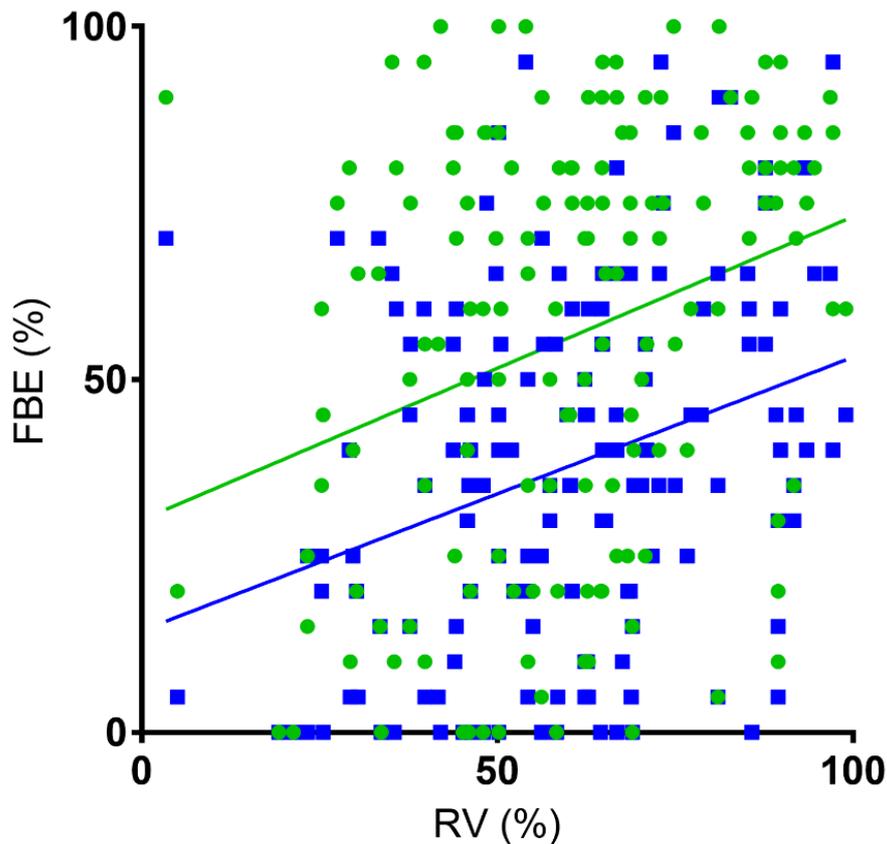
Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

### 3.2.1.3 Korrelationsanalyse der Untertabelle RV mit dem FBE

Die Korrelation der Untertabelle RV mit dem FBE zeigt ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.5). Anhand der Regressionsgeraden ist zwar ein Trend mit einer gewissen Abhängigkeit zu sehen, die Streuung der Werte um die Gerade ist jedoch sehr breit. Dies macht deutlich, dass sich die Abhängigkeit von einem Störschall in erster Linie in den Ergebnissen des Hörtest selbst niederschlägt, wobei erwartungsgemäß die Verstehensquote mit Störschall geringer ist als ohne.

In der weiteren Analyse nach Spearman ergeben sich ebenfalls nur geringe bis moderate, aber signifikante Korrelationsergebnisse, ähnlich dem Ergebnis der EC-Untertabelle (vgl. Tabelle 3.8). Der Störschall hat auch hier wenig Einfluss auf die Korrelation, wirkt sich jedoch, wie bei der Korrelation der BN-Untertabelle mit dem FBE, tendenziell positiv darauf aus ( $r_s \text{ oSS} < r_s \text{ mSS}$ ).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ein größerer Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall. Der Bias wird mit Störschall deutlich größer. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.6). Allerdings zeigt sich bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden, dass ohne Störschall nur im mittleren Wertebereich die Übereinstimmungen hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.6). Mit Störschall ist die Übereinstimmung überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



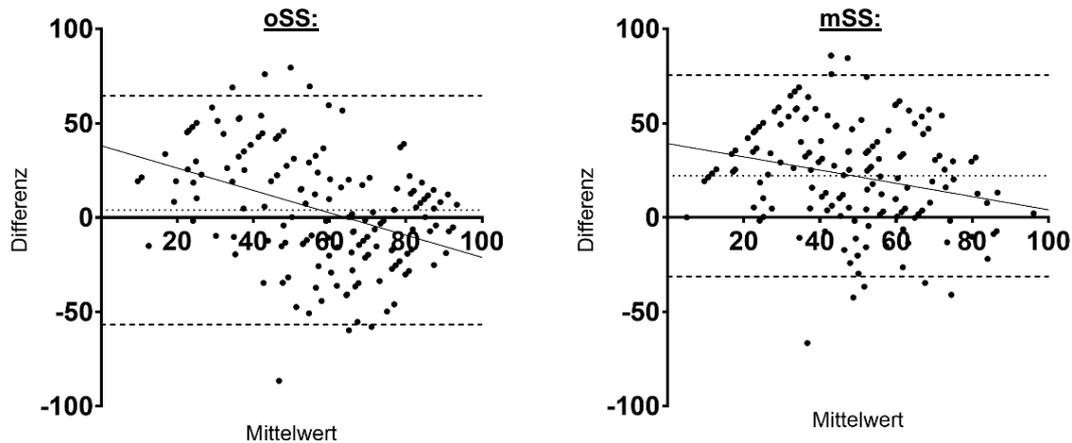
**Abbildung 3.5** Streudiagramm von RV vs. FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die ohne Hörgerät erreichten Prozentränge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der RV-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	RV vs. FBE-O	RV vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.2785	0.3021
95 %-KI	0.1223 bis 0.4212	0.1476 bis 0.4422
p (zweiseitig)	0.0004	0.0001
Stärke n. Cohen	schwach	mittel

**Tabelle 3.8** Korrelation nach Spearman von RV und FBE ohne Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der RV-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.6** Bland-Altman-Diagramm von RV und FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozentränge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt 3,901; die SD des Bias ist 30,95; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -56,76 bis 64,56.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Messwerte für den FBE auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

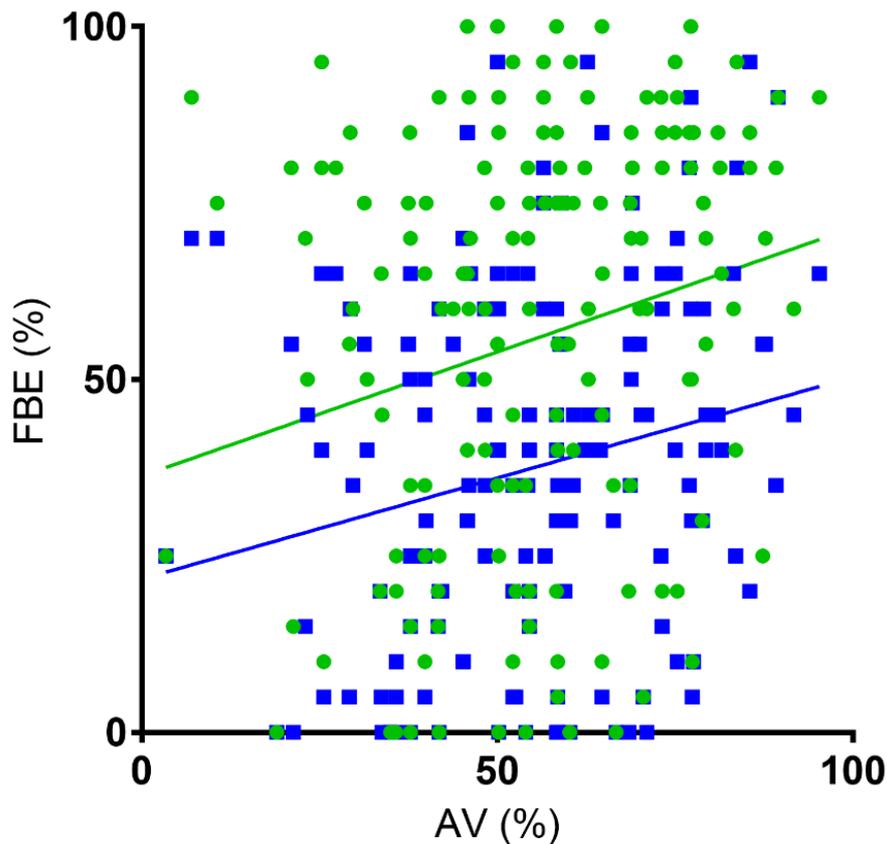
Der Bias beträgt 22,11; die SD des Bias ist 27,24; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -31,29 bis 75,50.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

#### 3.2.1.4 Korrelationsanalyse der Untertabelle AV mit dem FBE

Die Korrelation der Untertabelle AV mit dem FBE zeigt ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.7). Verglichen mit dem Ergebnis der EC-Untertabelle sind die Korrelationsergebnisse etwas geringer ausgeprägt (vgl. Tabelle 3.9). Der p-Wert ist jedoch auch hier signifikant. Die Abhängigkeit von einem Störschall schlägt sich ebenfalls in erster Linie in den Ergebnissen des Hörtest selbst nieder, wobei erwartungsgemäß die Verstehensquote mit Störschall geringer ist als ohne. Auf die Korrelation selbst hat der Störschall wenig Einfluss, wirkt sich tendenziell jedoch negativ darauf aus ( $r_s \text{ oSS} > r_s \text{ mSS}$ ).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ein größerer Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall. Der Bias wird mit Störschall deutlich größer. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.8). Allerdings zeigt sich bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden, dass ohne Störschall nur im mittleren Wertebereich die Übereinstimmungen hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.8). Mit Störschall ist die Übereinstimmung überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



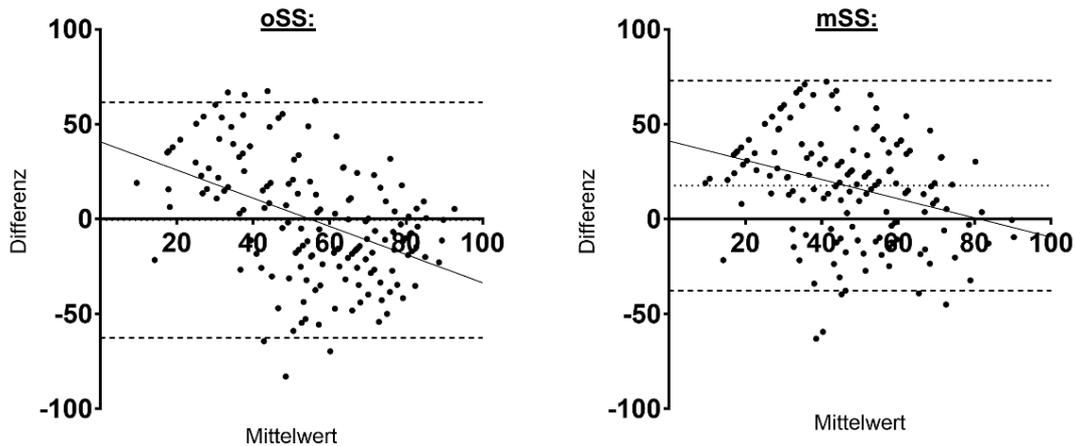
**Abbildung 3.7** Streudiagramm von AV vs. FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die ohne Hörgerät erreichten Prozentränge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der AV-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	AV vs. FBE-O	AV vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.2325	0.2069
95 %-KI	0.07353 bis 0.3799	0.04677 bis 0.3567
p (zweiseitig)	0.0035	0.0096
Stärke n. Cohen	schwach	schwach

**Tabelle 3.9** Korrelation nach Spearman von AV und FBE ohne Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der RV-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.8** Bland-Altman-Diagramm von AV und FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -0,5385; die SD des Bias ist 31,67; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -62,62 bis 61,54.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Messwerte für den FBE auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

Der Bias beträgt 17,67; die SD des Bias ist 28,26; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -37,71 bis 73,05.

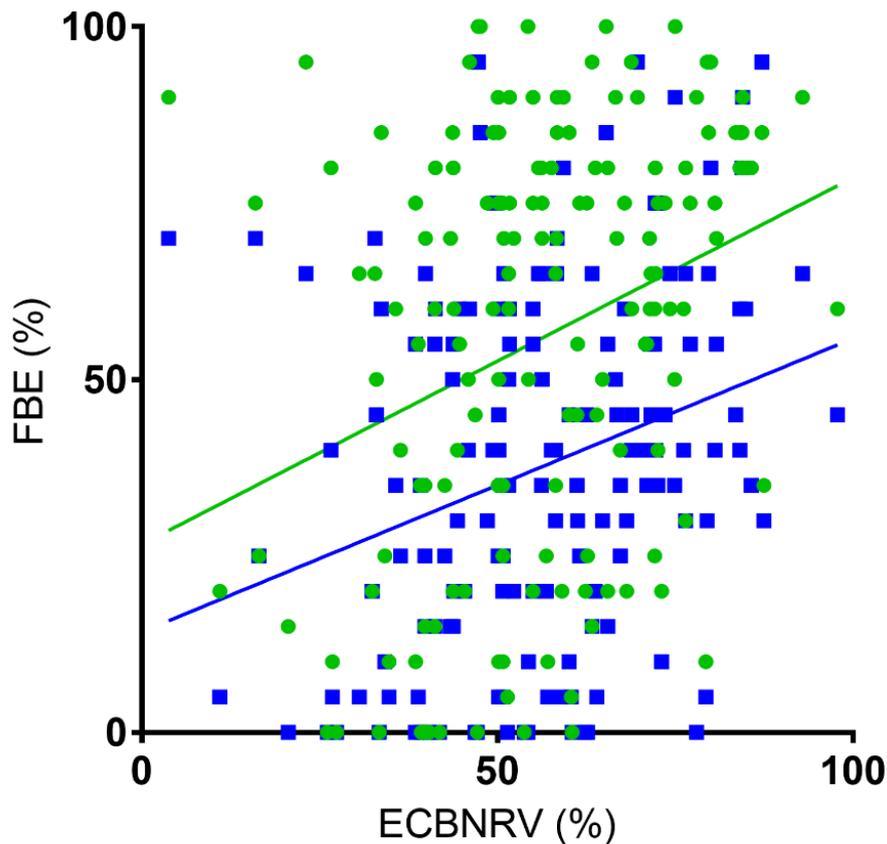
Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

### 3.2.1.5 Korrelationsanalyse der Untertabellen EC, BN, RV mit dem FBE

Die Korrelation der Mittelung aus den Untertabellen EC, BN und RV mit dem FBE zeigt ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.9). Anhand der Regressionsgeraden ist zwar ein Trend mit einer gewissen Abhängigkeit zu sehen, die Streuung der Werte um die Gerade ist jedoch sehr breit. Diese macht erneut deutlich, dass sich die Abhängigkeit von einem Störschall in erster Linie in den Ergebnissen des Hörtest selbst niederschlägt, wobei erwartungsgemäß die Verstehensquote mit Störschall geringer ist als ohne.

In der weiteren Analyse nach Spearman ergeben sich ebenfalls nur geringe bis moderate, jedoch signifikante Korrelationsergebnisse, ähnlich dem Ergebnis der EC-Untertabelle (vgl. Tabelle 3.10). Der Störschall hat wenig Einfluss auf die Korrelation, wirkt sich tendenziell jedoch negativ darauf aus ( $r_s \text{ oSS} > r_s \text{ mSS}$ ).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ein größerer Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall. Der Bias wird mit Störschall deutlich größer. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.10). Allerdings zeigt sich bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden, dass ohne Störschall nur im mittleren Wertebereich die Übereinstimmungen hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.10). Mit Störschall ist die Übereinstimmung überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



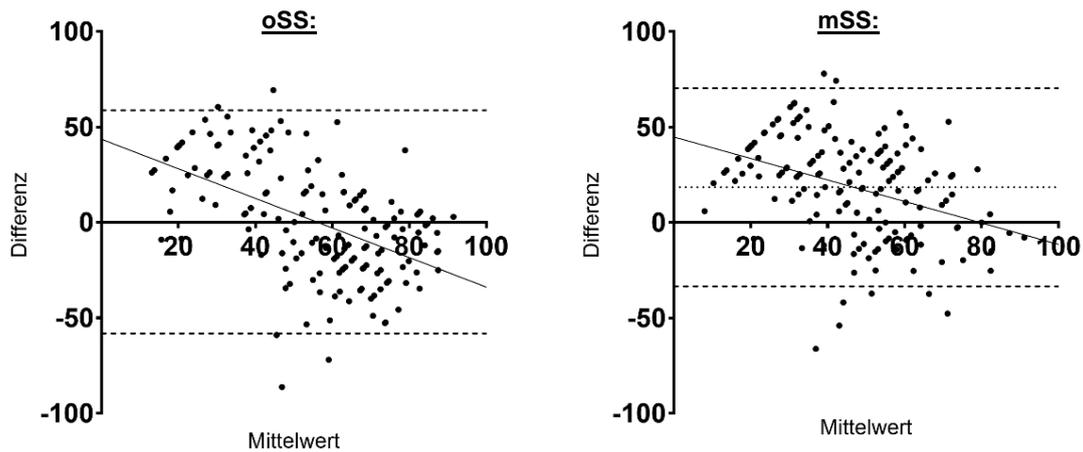
**Abbildung 3.9** Streudiagramm von ECBNRV vs. FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die ohne Hörgerät erreichten Prozentränge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der Mittelung aus EC, BN und RV-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang sehr weite Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	ECBNRV vs. FBE-O	ECBNRV vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.3039	0.2893
95 %-KI	0.1495 bis 0.4438	0.1338 bis 0.4308
p (zweiseitig)	0.0001	0.0002
Stärke n. Cohen	mittel	schwach

**Tabelle 3.10** Korrelation nach Spearman von ECBNRV und FBE ohne Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der Mittelung der EC, BN und RV-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.10** Bland-Altman-Diagramm von ECBNRV und FBE ohne Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt 0,2840; die SD des Bias ist 29,80; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -58,13 bis 58,69.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Messwerte für den FBE auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

Der Bias beträgt 18,49; die SD des Bias ist 26,50; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -33,45 bis 70,42.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

### **3.2.2 Korrelation der mit Hörgerät ermittelten Daten**

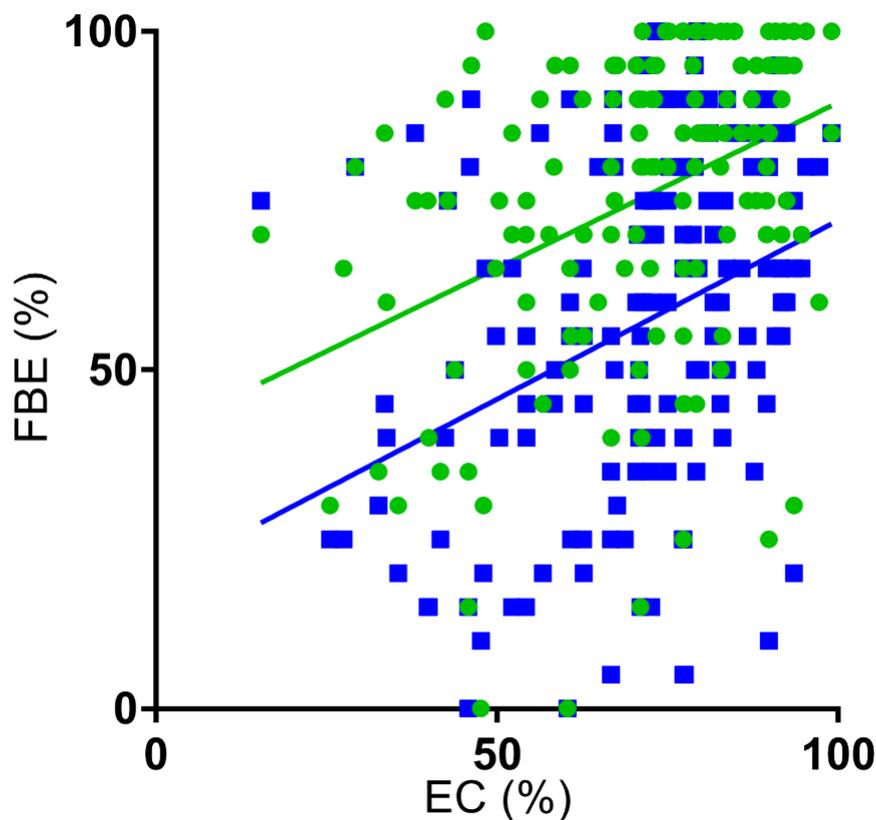
Die Analysen der Daten, die mit Hörgerät erzielt wurden, sehen wie folgt aus:

#### **3.2.2.1 Korrelationsanalyse der Untertabelle EC mit dem FBE**

Die Korrelation der Untertabelle EC mit dem FBE zeigt im Streudiagramm ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.11). Anhand der Regressionsgeraden ist hier schon eine deutlichere Abhängigkeit zu sehen als bei der EC-Skala ohne Hörgerät. Die Streuung der Werte um die Gerade ist jedoch immer noch recht breit. Dies zeigt, dass sich die Abhängigkeit von einem Störschall in erster Linie in den Ergebnissen des Hörtest selbst niederschlägt, wobei erwartungsgemäß die Verstehensquote mit Störschall geringer ist als ohne.

In der weiteren Analyse nach Spearman ergeben sich ebenfalls moderate Korrelationsergebnisse mit signifikantem p-Wert (vgl. Tabelle 3.11), die etwas höher sind als bei den Messungen ohne Hörgerät. Der Störschall hat hier keinen ersichtlichen Einfluss auf die Korrelation ( $r_s \text{ oSS} \sim r_s \text{ mSS}$ ).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ein größerer Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall. Der Bias wird mit Störschall deutlich größer. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.12). Allerdings zeigt sich bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden, dass ohne Störschall nur im mittleren Wertebereich die Übereinstimmungen hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.12). Mit Störschall ist die Übereinstimmung überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



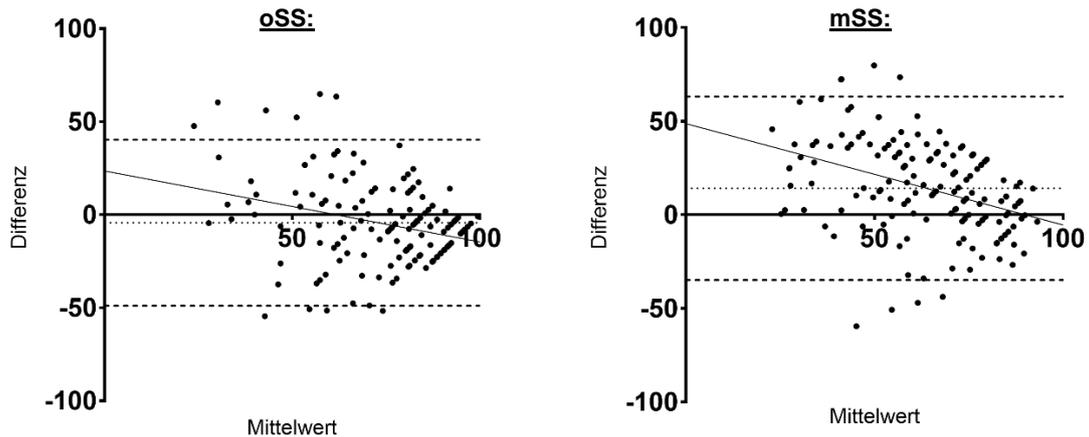
**Abbildung 3.11** Streudiagramm von EC vs. FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die mit Hörgerät erreichten Prozentränge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der EC-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	EC vs. FBE-O	EC vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.3808	0.3835
95 %-KI	0.2335 bis 0.5110	0.2364 bis 0.5134
p (zweiseitig)	<0.0001	<0.0001
Stärke n. Cohen	mittel	mittel

**Tabelle 3.11** Korrelation nach Spearman von EC und FBE mit Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der EC-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.12** Bland-Altman-Diagramm von EC und FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozentränge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -4,360; die SD des Bias ist 22,75; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -48,96 bis 40,24.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Messwerte für den FBE auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

Der Bias beträgt 14,17; die SD des Bias ist 25,01; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -34,85 bis 63,18.

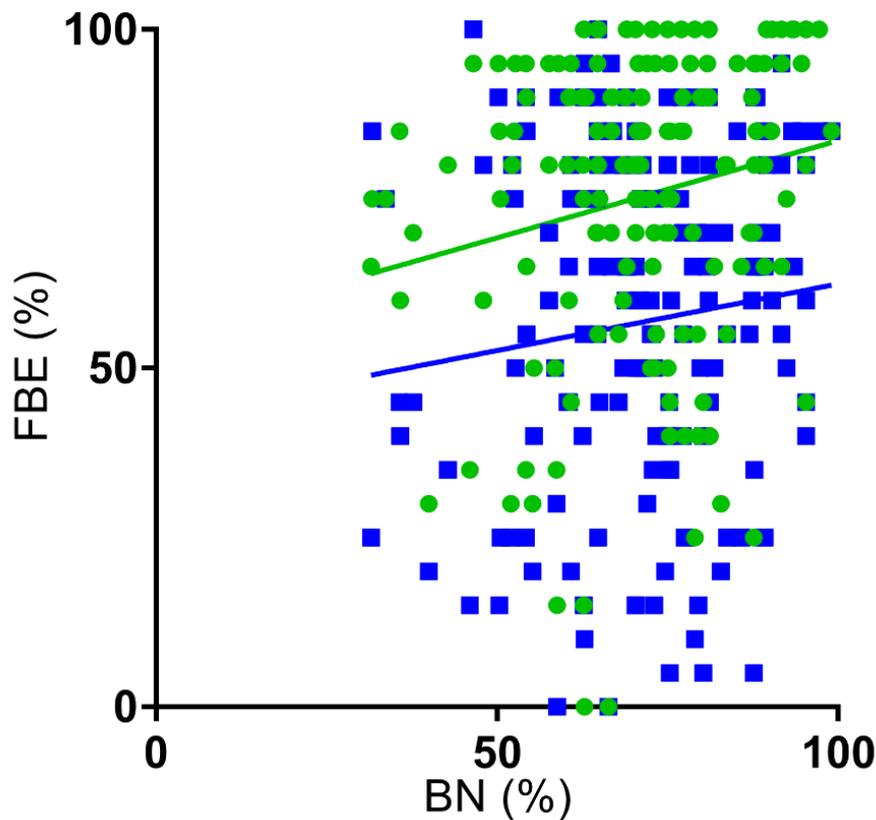
Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

### **3.2.2.2 Korrelationsanalyse der Untertabelle BN mit dem FBE**

Die Korrelation der Untertabelle BN mit dem FBE zeigt im Streudiagramm ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.13). Anhand der Regressionsgeraden lässt sich allenfalls eine geringe Abhängigkeit abschätzen. Die Streuung der Werte um die Gerade ist sehr breit. Diese macht auch deutlich, dass sich die Abhängigkeit von einem Störschall in erster Linie in den Ergebnissen des Hörtest selbst niederschlägt, wobei erwartungsgemäß die Verstehensquote mit Störschall geringer ist als ohne.

In der weiteren Analyse nach Spearman ohne Störschall wird noch eine schwache Korrelation nachgewiesen, wohingegen sich mit Störschall keine Korrelation zeigt (vgl. Tabelle 3.12). Der p-Wert ist dementsprechend bei der Korrelation ohne Störschall signifikant, bei der mit Störschall nicht.

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ein größerer Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall. Der Bias wird mit Störschall deutlich größer. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.14). Allerdings zeigt sich bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden, dass ohne Störschall nur im mittleren Wertebereich die Übereinstimmungen hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.14). Mit Störschall ist die Übereinstimmung überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



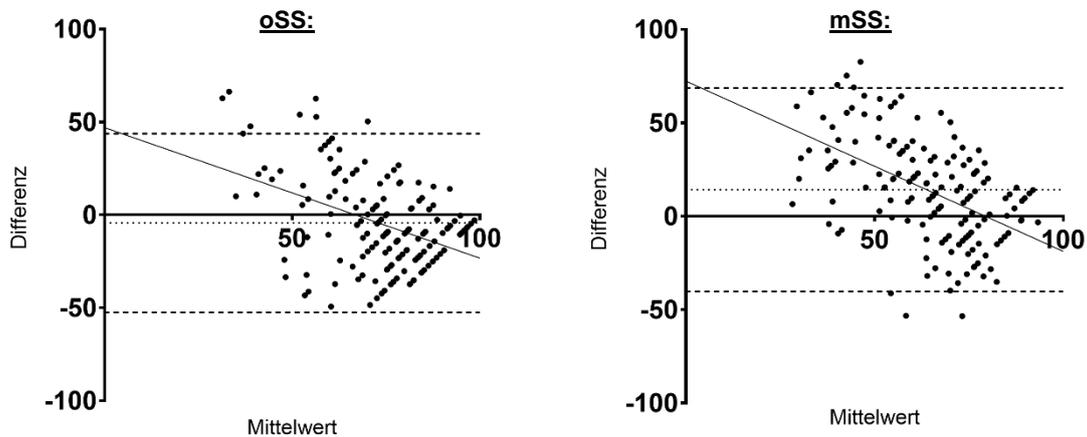
**Abbildung 3.13** Streudiagramm von BN vs. FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die mit Hörgerät erreichten Prozentränge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der BN-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	<b>BN vs. FBE-O</b>	<b>BN vs. FBE-S</b>
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.1888	0.0886
95 %-KI	0.0279 bis 0.3401	-0.0742 bis 0.2468
p (zweiseitig)	0.0183	0.2714
Stärke n. Cohen	schwach	ns

**Tabelle 3.12** Korrelation nach Spearman von BN und FBE mit Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der BN-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben. Da der p-Wert bei der Korrelation mit Störschall nicht signifikant (ns) ist, kann hier die Stärke nicht angegeben werden.



**Abbildung 3.14** Bland-Altman-Diagramm von BN und FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozentränge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -4,351; die SD des Bias ist 24,55; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -52,46 bis 43,76.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Messwerte für den FBE auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

Der Bias beträgt 14,18; die SD des Bias ist 27,78; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -40,27 bis 68,62.

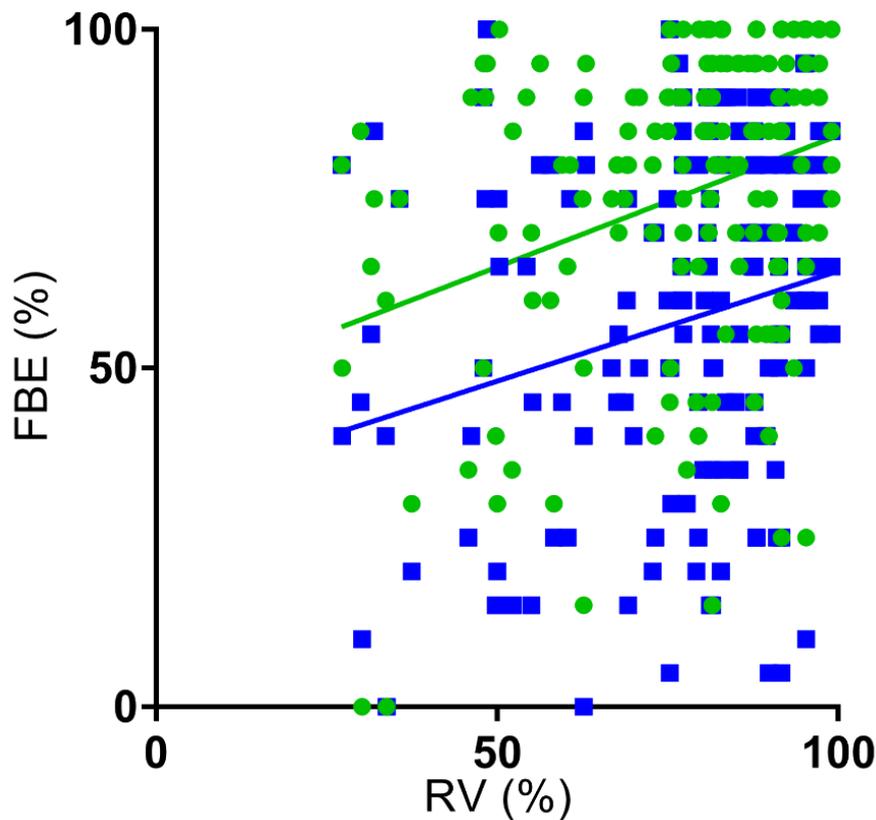
Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

### 3.2.2.3 Korrelationsanalyse der Untertabelle RV mit dem FBE

Die Korrelation der Untertabelle RV mit dem FBE zeigt im Streudiagramm ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.15). Anhand der Regressionsgeraden ist zwar ein Trend mit einer gewissen Abhängigkeit zu sehen, die Streuung der Werte um die Gerade ist jedoch sehr breit. Diese macht auch deutlich, dass sich die Abhängigkeit von einem Störschall in erster Linie in den Ergebnissen des Hörtest selbst niederschlägt, wobei erwartungsgemäß die Verstehensquote mit Störschall geringer ist als ohne.

In der weiteren Analyse nach Spearman ergeben sich nur geringe bis moderate Korrelationsergebnisse (vgl. Tabelle 3.13). Ohne Störschall zeigt sich eine ähnliche Korrelation wie bei den Messergebnissen ohne Hörgerät. Mit Störschall verringert sich die Korrelation jedoch ( $r_s \text{ oSS} > r_s \text{ mSS}$ ) im Gegensatz zu den Ergebnissen ohne Hörgerät. Der p-Wert bleibt jedoch signifikant.

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ein größerer Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall. Der Bias wird mit Störschall deutlich größer. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.16). Allerdings zeigt sich bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden, dass ohne Störschall nur im mittleren Wertebereich die Übereinstimmungen hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.16). Mit Störschall ist die Übereinstimmung überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



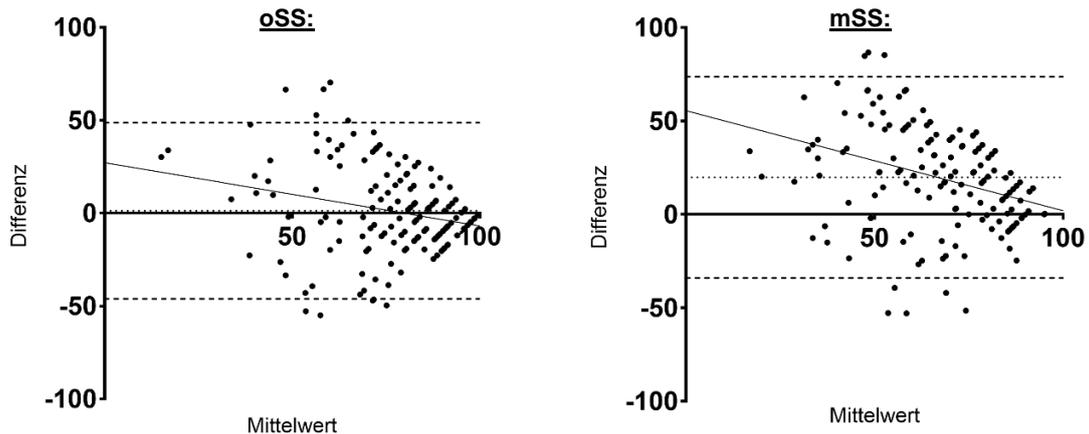
**Abbildung 3.15** Streudiagramm von RV vs. FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die mit Hörgerät erreichten Prozentränge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der RV-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	RV vs. FBE-O	RV vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.2745	0.2429
95 %-KI	0.1180 bis 0.4176	0.0845 bis 0.3893
p (zweiseitig)	0.0005	0.0022
Stärke n. Cohen	schwach	schwach

**Tabelle 3.13** Korrelation nach Spearman von RV und FBE mit Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der EC-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.16** Bland-Altman-Diagramm von RV und FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt 1,311; die SD des Bias ist 24,17; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -46,06 bis 48,69.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im mittleren bis oberen Prozentbereich dagegen eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung im mittleren Prozentbereich.

Rechts: mit Störschall (mSS)

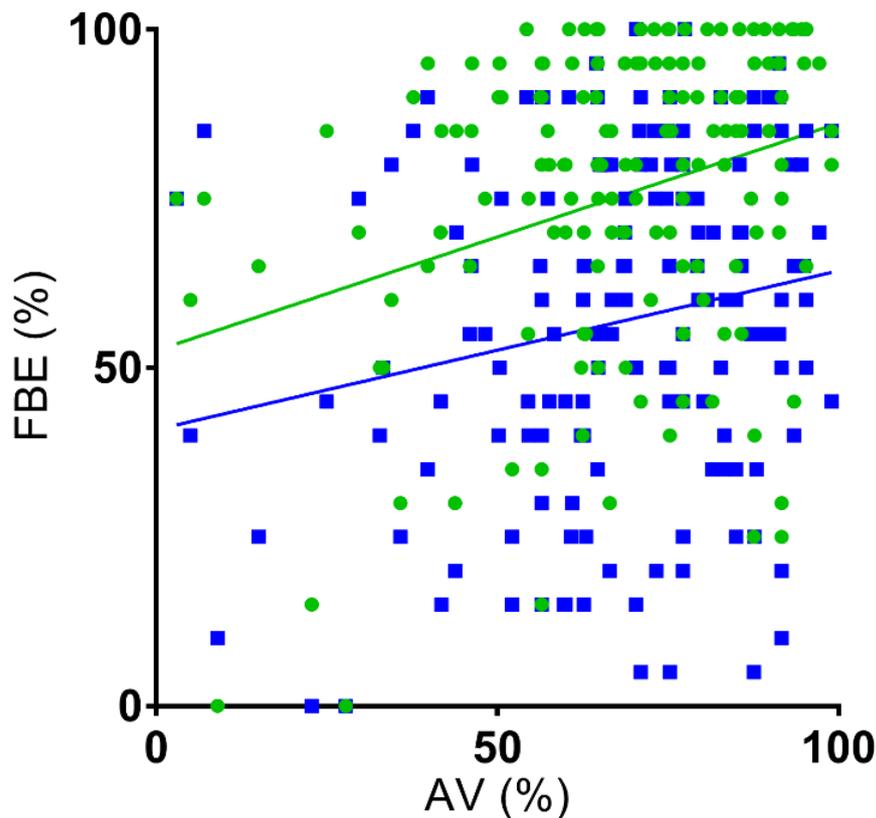
Der Bias beträgt 19,84; die SD des Bias ist 27,50; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -34,05 bis 73,73.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

#### **3.2.2.4 Korrelationsanalyse der Untertabelle AV mit dem FBE**

Die Korrelation der Untertabelle AV mit dem FBE zeigt ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.17) mit ähnlichen Ergebnissen wie ohne Hörgerät und signifikantem p-Wert (vgl. Tabelle 3.14). Der Störschall wirkt sich hier jedoch etwas deutlicher auf die Korrelation aus ( $r_s \text{ oSS} > r_s \text{ mSS}$ ).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ein ähnlich großer Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall, jedoch im Negativbereich ohne Störschall und im Positivbereich mit Störschall. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.18). Betrachtet man die Regressionsgerade für den Unterschied der Messmethoden, zeigt sich diese ohne Störschall recht flach und nur leicht negativ im oberen Wertebereich (vgl. Abbildung 3.18). Mit Störschall ist die Übereinstimmung bei beiderseits erheblichen Streuungen überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



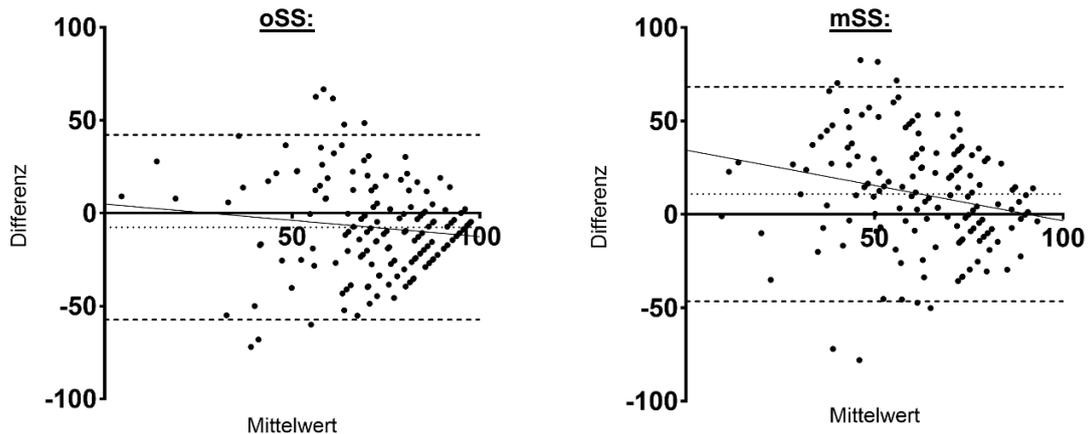
**Abbildung 3.17** Streudiagramm von AV vs. FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die mit Hörgerät erreichten Prozentränge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der RV-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	AV vs. FBE-O	AV vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.2573	0.1702
95 %-KI	0.0998 bis 0.4023	0.0088 bis 0.3230
p (zweiseitig)	0.0012	0.0336
Stärke n. Cohen	schwach	schwach

**Tabelle 3.14** Korrelation nach Spearman von AV und FBE mit Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der EC-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.18** Bland-Altman-Diagramm von AV und FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -7,628; die SD des Bias ist 25,40; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -57,41 bis 42,15.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Messwerte für den FBE auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung bei jedoch sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

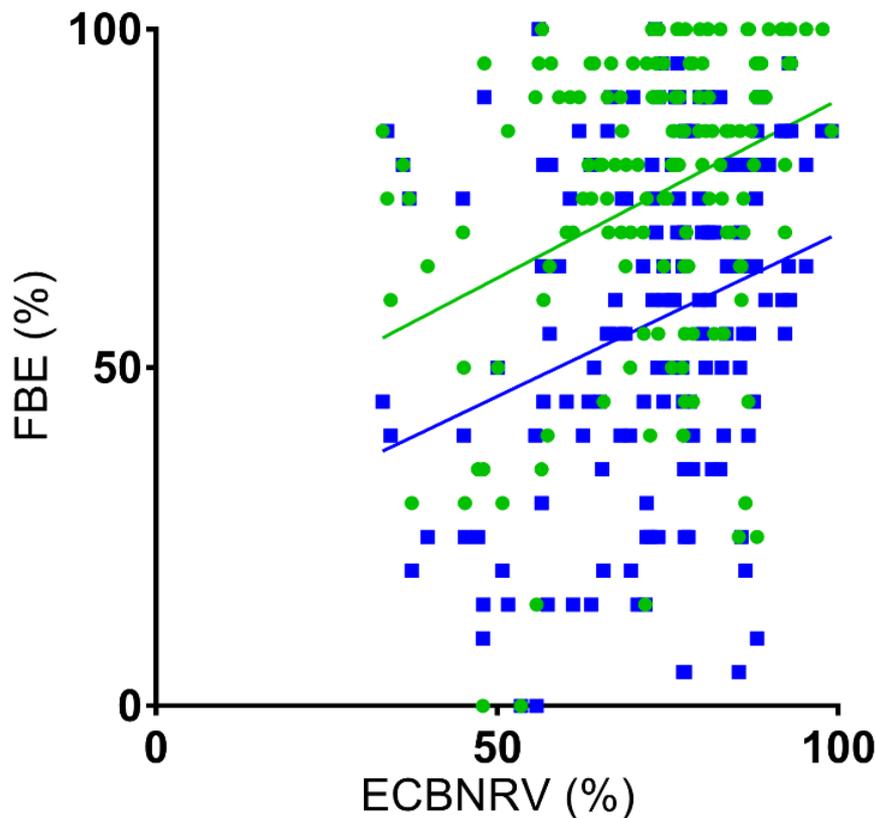
Der Bias beträgt 10,90; die SD des Bias ist 29,29; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -46,52 bis 68,31.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

### 3.2.2.5 Korrelationsanalyse der Untertabellen EC, BN, RV mit dem FBE

Die Korrelation der Mittelung aus den Untertabellen EC, BN und RV mit dem FBE zeigt ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.19) mit ähnlichen Ergebnissen wie bei der Analyse ohne Hörgerät und signifikantem p-Wert. Der Störschall wirkt sich jedoch deutlicher auf die Korrelation aus ( $r_s \text{ oSS} > r_s \text{ mSS}$ ). Verglichen mit dem Ergebnis der EC-Untertabelle ergibt sich ein nur minimal geringeres Korrelationsergebnis ohne Störschall, aber eine etwas deutlichere Korrelationsreduktion mit Störschall (vgl. Tabelle 3.15).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich für den ermittelten Bias ein größerer Unterschied zwischen den Vergleichen mit und ohne Störschall. Der Bias wird mit Störschall deutlich größer. Die ermittelten Limits of Agreement sind in beiden Fällen weit auseinander (vgl. Abbildung 3.20). Allerdings zeigt sich bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden, dass die Übereinstimmungen ohne Störschall nur im mittleren Wertebereich hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.20). Mit Störschall ist die Übereinstimmung überwiegend im höheren Wertebereich gegeben.



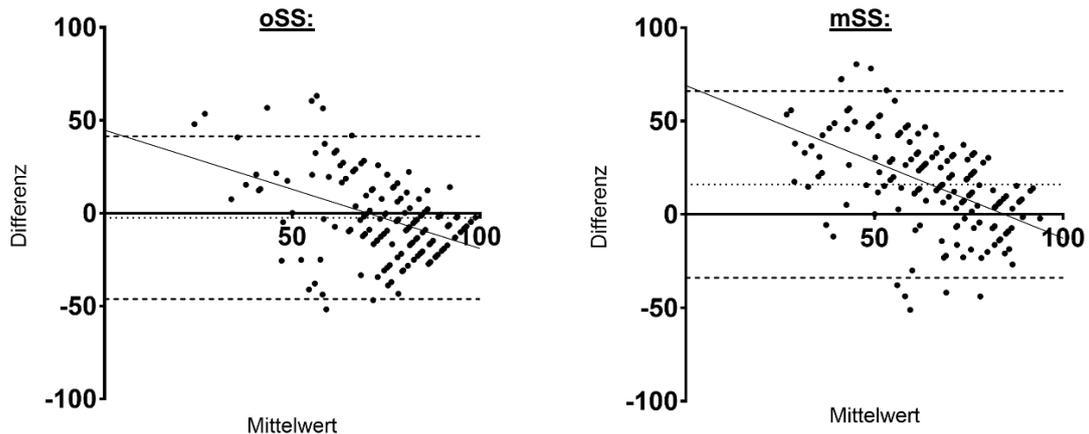
**Abbildung 3.19** Streudiagramm von ECBNRV vs. FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die ohne Hörgerät erreichten Prozenträge der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der Mittelung aus EC, BN und RV-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	ECBNRV vs. FBE-O	ECBNRV vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.3232	0.2800
95 %-KI	0.1704 bis 0.4608	0.1239 bis 0.4226
p (zweiseitig)	<0.0001	0.0004
Stärke n. Cohen	mittel	schwach

**Tabelle 3.15** Korrelation nach Spearman von ECBNRV und FBE mit Hörgerät

In der Tabelle sind für den Vergleich der Mittelung der EC, BN und RV-Untertabelle ohne Hörgerät mit den Ergebnissen des FBE ohne Hörgerät jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.20** Bland-Altman-Diagramm von ECBNRV und FBE mit Hörgerät

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -2,463; die SD des Bias ist 22,37; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -46,30 bis 41,37.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Messwerte für den FBE auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

Der Bias beträgt 16,06; die SD des Bias ist 25,49; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -33,90 bis 66,03.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und mittleren Prozentbereich höhere Werte für den APHAB, im oberen Prozentbereich eine ausgeglichene Verteilung. Im mittleren Prozentbereich ist eine starke Streuung vorhanden.

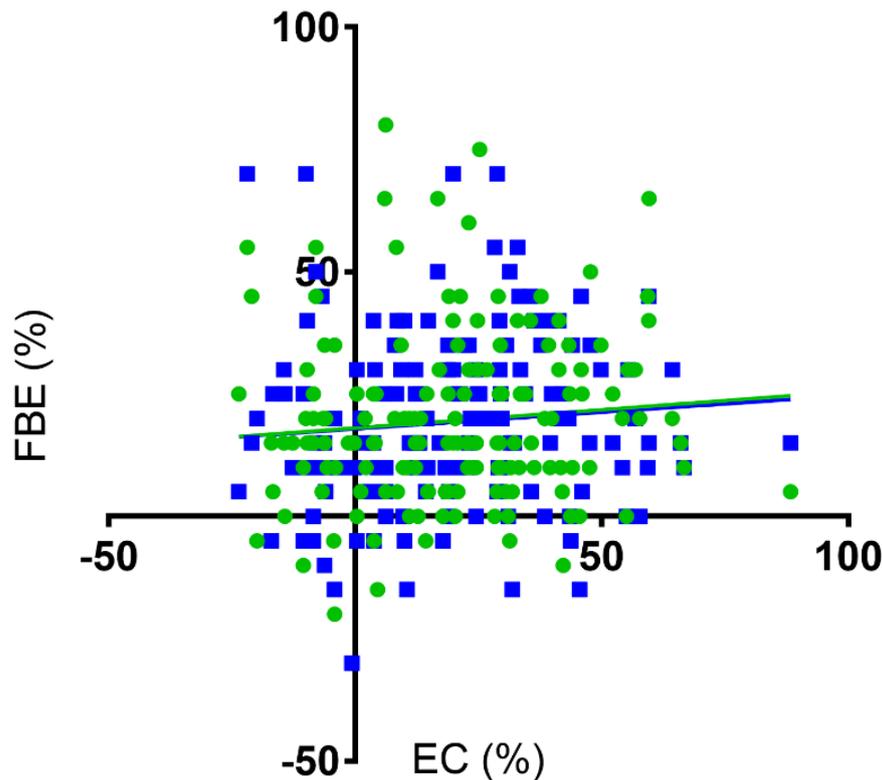
### **3.2.3 Korrelation der Daten des errechneten Gewinns**

Die Analysen der Daten, die sich aus dem bestimmten Gewinn ergeben, sehen wie folgt aus:

#### **3.2.3.1 Korrelationsanalyse der Untertabelle EC mit dem FBE**

Die Korrelationsanalyse der Untertabelle EC mit dem FBE zeigt im Streudiagramm ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.21). Sowohl ohne als auch mit Störschall lässt sich keine signifikante Korrelation nachweisen (vgl. Tabelle 3.16).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich sowohl mit als auch ohne Störschall im Mittel kaum ein Bias, die einzelnen Werte haben jedoch trotzdem eine große Streubreite mit weit auseinanderliegenden Limits of Agreement (vgl. Abbildung 3.22). Bei Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden zeigt sich, dass die Übereinstimmungen nur im Wertebereich mit niedrigem Gewinn hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.22).



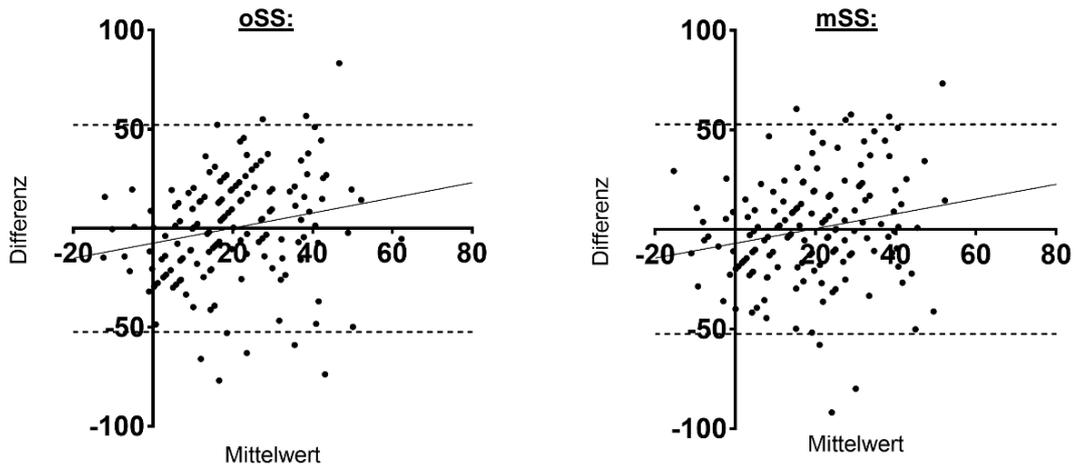
**Abbildung 3.21** Streudiagramm von EC vs. FBE Gewinn

In der Darstellung sind die errechneten Prozentränge des Gewinns durch die Hörgeräteversorgung der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der EC-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	EC vs. FBE-O	EC vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.1175	0.1405
95 %-KI	-0.0451 bis 0.2740	-0.0217 bis 0.2955
p (zweiseitig)	0.1442	0.0802
Stärke n. Cohen	ns	ns

**Tabelle 3.16** Korrelation nach Spearman von EC und FBE Gewinn

In der Tabelle sind für den Vergleich des Gewinns in der EC-Untertabelle mit den Ergebnissen des Gewinns im FBE durch Hörgeräteversorgung jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI und der p-Wert angegeben. Die Stärke der Korrelation nach Cohen kann bei fehlender Signifikanz (ns = nicht signifikant) nicht angegeben werden.



**Abbildung 3.22** Bland-Altman-Diagramm von EC und FBE Gewinn

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge des Gewinns nach Hörgeräteversorgung aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt  $-0,1314$ ; die SD des Bias ist  $26,64$ ; und die 95 % Limits of Agreement reichen von  $-52,35$  bis  $52,08$ .

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und negativen Prozentbereich einen eher höheren Gewinn für den FBE, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Gewinne für den APHAB auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

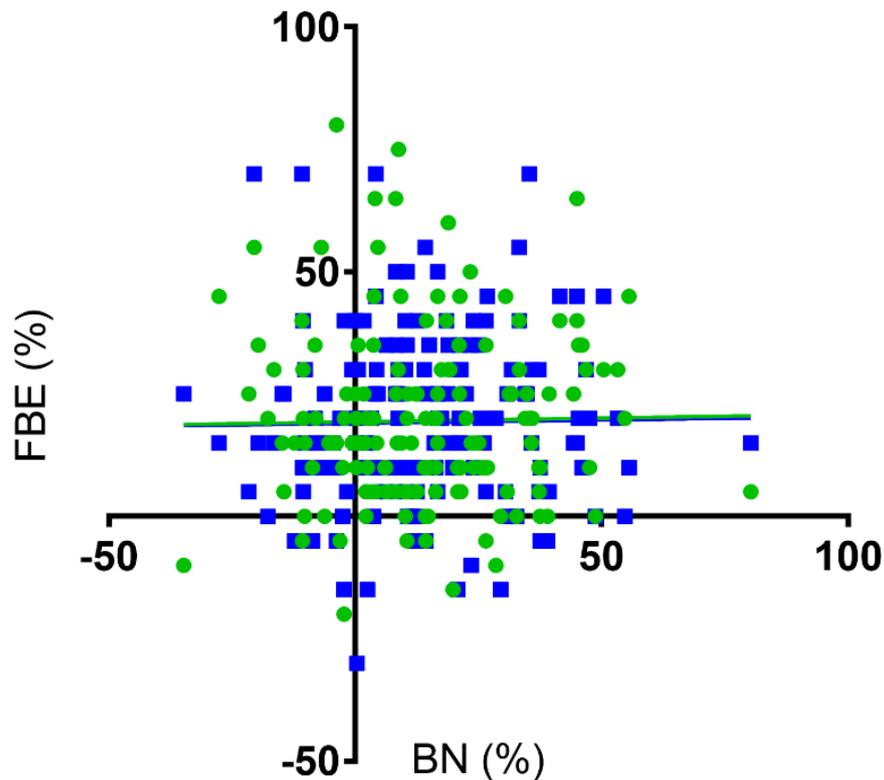
Der Bias beträgt  $0,1891$ ; die SD des Bias ist  $26,84$ ; und die 95 % Limits of Agreement reichen von  $-52,42$  bis  $52,79$ .

Die Regressionsgerade zeigt hier ebenfalls im niedrigen und negativen Prozentbereich einen eher höheren Gewinn für den FBE, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Gewinne für den APHAB auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

### **3.2.3.2 Korrelationsanalyse der Untertabelle BN mit dem FBE**

Die Korrelationsanalyse der Untertabelle BN mit dem FBE zeigt im Streudiagramm ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.23). Sowohl ohne als auch mit Störschall lässt sich keine Korrelation nachweisen (vgl. Tabelle 3.17).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich sowohl mit als auch ohne Störschall im Mittel zwar kaum ein Bias, die einzelnen Werte haben jedoch trotzdem eine große Streubreite mit weit auseinanderliegenden Limits of Agreement. Auch die Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden haben bei großer Streubreite einen flachen Verlauf mit etwas höherer Übereinstimmung im Wertebereich mit niedrigem bis mittlerem Gewinn. Je niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.24).



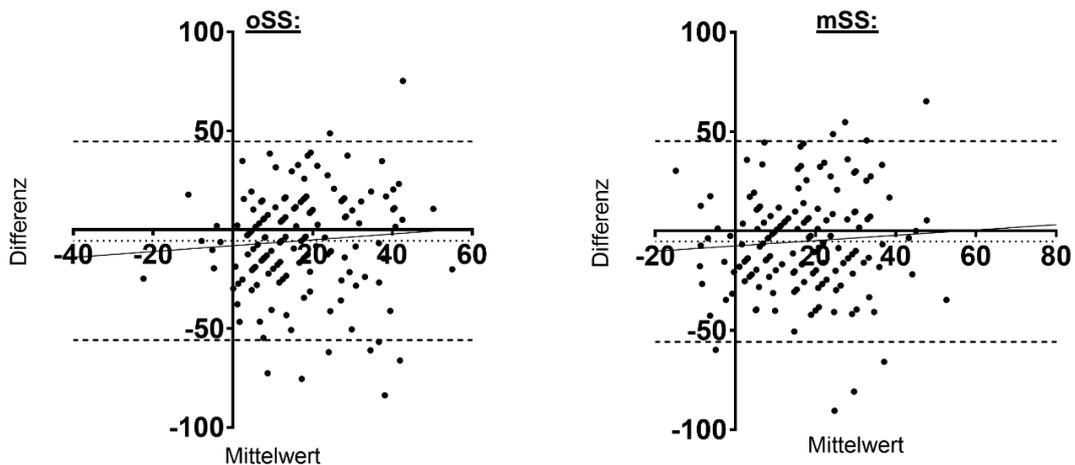
**Abbildung 3.23** Streudiagramm von BN vs. FBE Gewinn

In der Darstellung sind die errechneten Prozentränge des Gewinns durch die Hörgeräteversorgung der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der BN-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	<b>BN vs. FBE-O</b>	<b>BN vs. FBE-S</b>
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.0220	0.0462
95 %-KI	-0.1402 bis 0.1831	-0.1164 bis 0.2064
p (zweiseitig)	0.7849	0.5669
Stärke n. Cohen	ns	ns

**Tabelle 3.17** Korrelation nach Spearman von BN und FBE Gewinn

In der Tabelle sind für den Vergleich des Gewinns in der BN-Untertabelle mit den Ergebnissen des Gewinns im FBE durch Hörgeräteversorgung jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI und der p-Wert angegeben. Die Stärke der Korrelation nach Cohen kann bei fehlender Signifikanz (ns = nicht signifikant) nicht angegeben werden.



**Abbildung 3.24** Bland-Altman-Diagramm von BN und FBE Gewinn

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge des Gewinns nach Hörgeräteversorgung aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -5,612; die SD des Bias ist 25,63; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -55,85 bis 44,63.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und negativen Prozentbereich einen höheren Gewinn für den FBE, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Gewinne für den APHAB auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

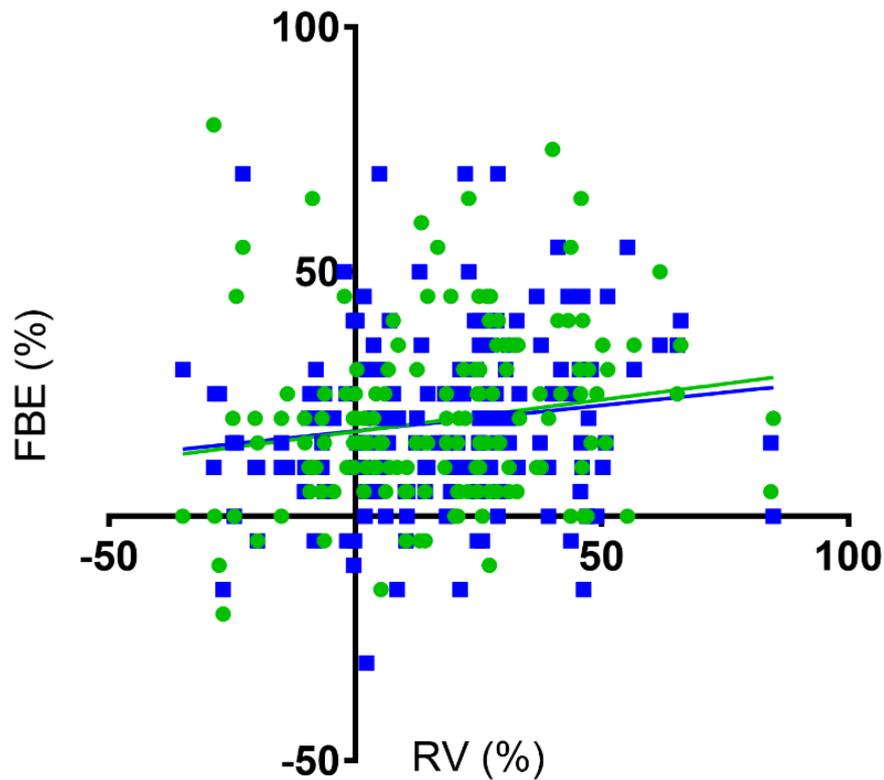
Der Bias beträgt -5,291; die SD des Bias ist 25,75; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -55,76 bis 45,18.

Die Regressionsgerade zeigt hier ebenfalls im niedrigen und negativen Prozentbereich einen eher höheren Gewinn für den FBE, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Gewinne für den APHAB auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

### 3.2.3.3 Korrelationsanalyse der Untertabelle RV mit dem FBE

Die Korrelation der Untertabelle RV mit dem FBE zeigt im Streudiagramm ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.25) mit immerhin geringen Korrelationsergebnissen und signifikantem p-Wert (vgl. Tabelle 3.18). Der Störschall wirkt sich gering negativ auf die Korrelation aus ( $r_s \text{ oSS} > r_s \text{ mSS}$ ).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich sowohl mit als auch ohne Störschall im Mittel zwar kaum ein Bias, die einzelnen Werte haben jedoch trotzdem eine große Streubreite mit weit auseinanderliegenden Limits of Agreement. Bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden zeigt sich, dass die Übereinstimmungen nur im Wertebereich mit niedrigem Gewinn hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.26).



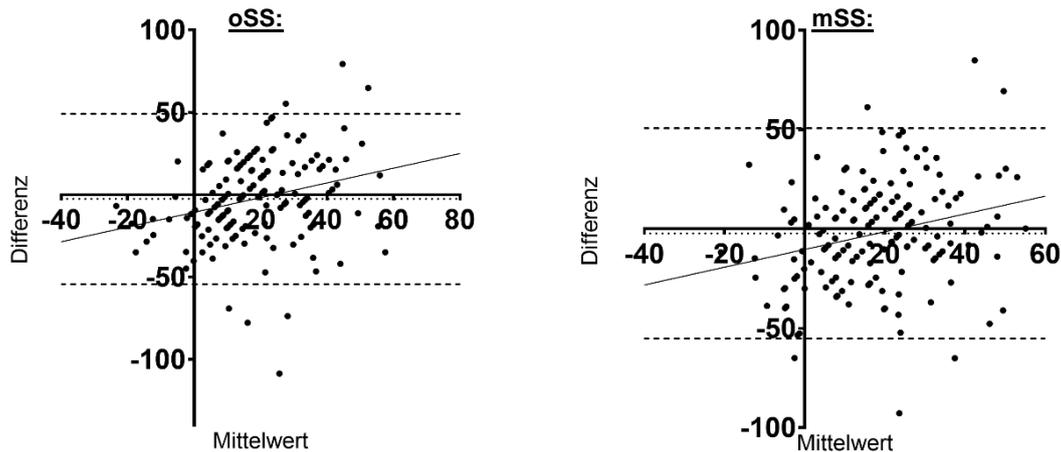
**Abbildung 3.25** Streudiagramm von RV vs. FBE Gewinn

In der Darstellung sind die errechneten Prozentränge des Gewinns durch die Hörgeräteversorgung der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der RV-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	RV vs. FBE-O	RV vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.2012	0.1628
95 %-KI	0.0408 bis 0.3514	0.0011 bis 0.3162
p (zweiseitig)	0.0118	0.0423
Stärke n. Cohen	schwach	schwach

**Tabelle 3.18** Korrelation nach Spearman von RV und FBE Gewinn

In der Tabelle sind für den Vergleich des Gewinns in der RV-Untertabelle mit den Ergebnissen des Gewinns im FBE durch Hörgeräteversorgung jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben.



**Abbildung 3.26** Bland-Altman-Diagramm von RV und FBE Gewinn

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge des Gewinns nach Hörgeräteversorgung aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozenträngen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -2,585; die SD des Bias ist 26,42; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -54,36 bis 49,19.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und negativen Prozentbereich einen eher höheren Gewinn für den FBE, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Gewinne für den APHAB auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

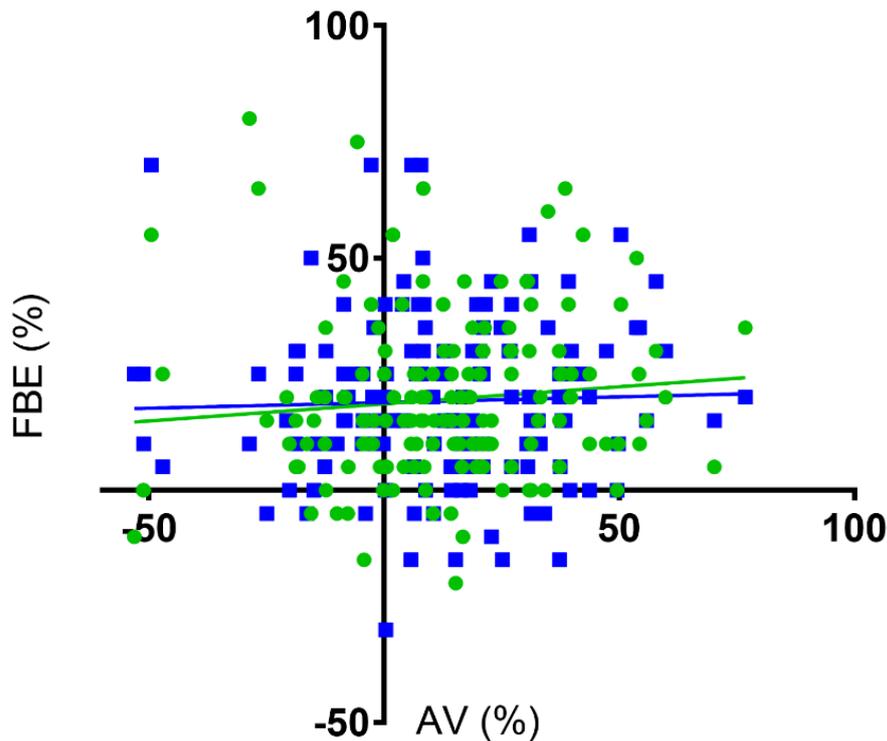
Der Bias beträgt -2,265; die SD des Bias ist 27,00; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -55,19 bis 50,66.

Die Regressionsgerade zeigt hier ebenfalls im niedrigen und negativen Prozentbereich einen eher höheren Gewinn für den FBE, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Gewinne für den APHAB auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

#### **3.2.3.4 Korrelationsanalyse der Untertabelle AV mit dem FBE**

Die Korrelation der Untertabelle AV mit dem FBE zeigt im Streudiagramm ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.27) mit immerhin geringen Korrelationsergebnissen (vgl. Tabelle 3.19). Der Störschall wirkt sich negativ auf die Korrelation aus ( $r_s \text{ oSS} > r_s \text{ mSS}$ ), sodass der p-Wert ohne Störschall signifikant ist, mit Störschall dagegen nicht.

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich sowohl mit als auch ohne Störschall im Mittel ein geringer Bias. Die einzelnen Werte haben jedoch trotzdem eine große Streubreite mit weit auseinanderliegenden Limits of Agreement. Bei der Betrachtung der Regressionsgeraden für den Unterschied der Messmethoden zeigt sich, dass die Übereinstimmungen nur im Wertebereich mit niedrigem Gewinn hoch sind. Je höher oder niedriger die ermittelten Werte, desto geringer die Übereinstimmung (vgl. Abbildung 3.28).



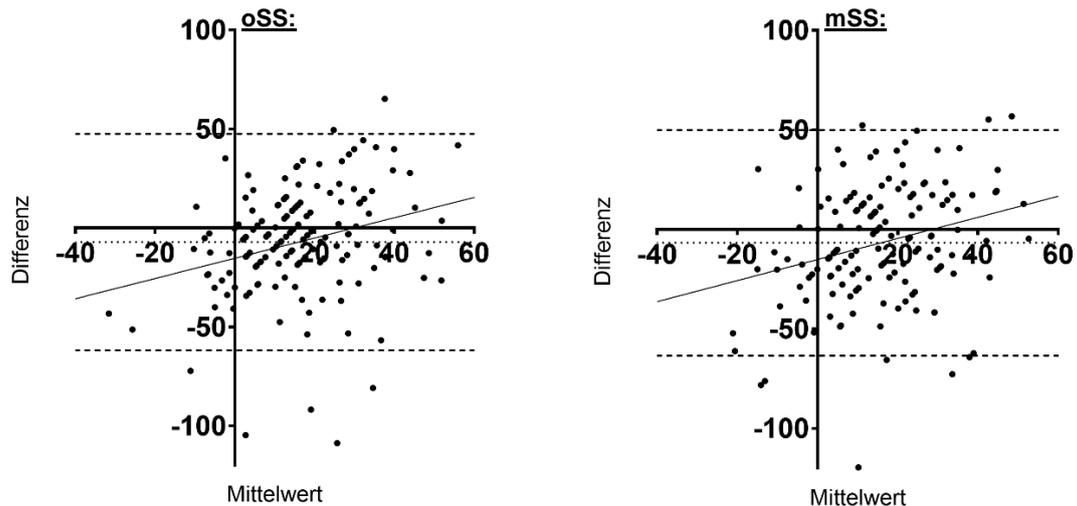
**Abbildung 3.27** Streudiagramm von AV vs. FBE Gewinn

In der Darstellung sind die errechneten Prozentränge des Gewinns durch die Hörgeräteversorgung der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der AV-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	AV vs. FBE-O	AV vs. FBE-S
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.1635	0.0707
95 %-KI	0.0019 bis 0.3169	-0.0920 bis 0.2298
p (zweiseitig)	0.0414	0.3803
Stärke n. Cohen	schwach	ns

**Tabelle 3.19** Korrelation nach Spearman von AV und FBE Gewinn

In der Tabelle sind für den Vergleich des Gewinns in der RV-Untertabelle mit den Ergebnissen des Gewinns im FBE durch Hörgeräteversorgung jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI, der p-Wert und die Stärke der Korrelation nach Cohen angegeben. Da der p-Wert bei der Korrelation mit Störschall nicht signifikant (ns) ist, kann hier die Stärke nicht angegeben werden.



**Abbildung 3.28** Bland-Altman-Diagramm von AV und FBE Gewinn

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge des Gewinns nach Hörgeräteversorgung aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozentträgen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -7,093; die SD des Bias ist 27,89; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -61,75 bis 47,56.

Die Regressionsgerade zeigt im niedrigen und negativen Prozentbereich einen höheren Gewinn für den FBE, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Gewinne für den APHAB auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

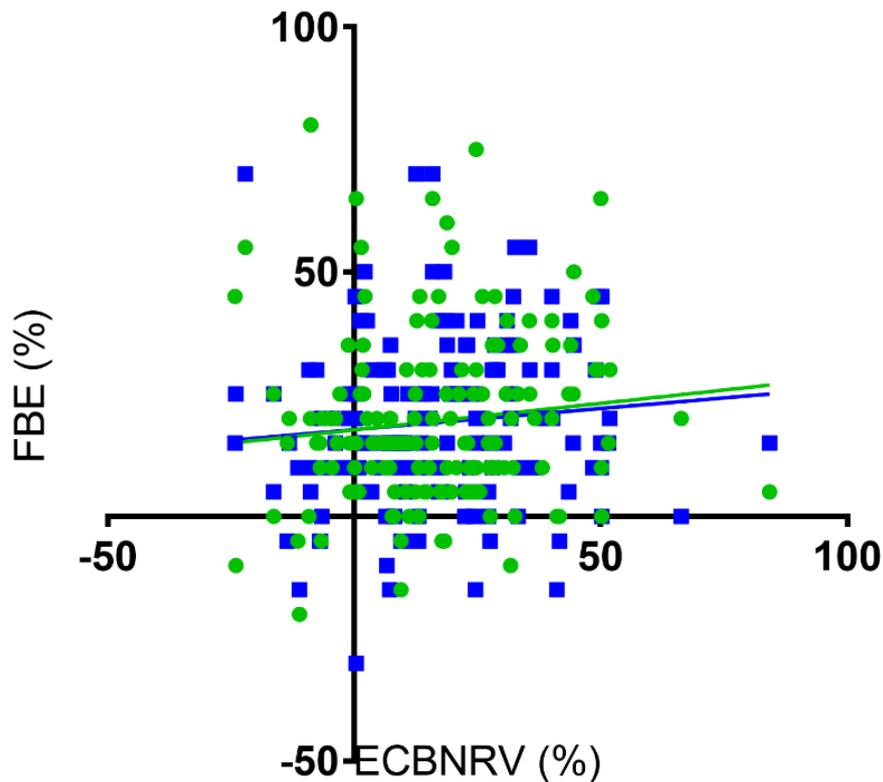
Der Bias beträgt -6,772; die SD des Bias ist 28,92; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -63,45 bis 49,91.

Die Regressionsgerade zeigt hier ebenfalls im niedrigen und negativen Prozentbereich einen höheren Gewinn für den FBE, im oberen Prozentbereich dagegen höhere Gewinne für den APHAB auf. Im mittleren Bereich ergibt sich eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

### **3.2.3.5 Korrelationsanalyse der Untertabellen EC, BN, RV mit dem FBE**

Die Korrelationsanalyse der Mittelung aus den Untertabellen EC, BN und RV mit dem FBE zeigt im Streudiagramm ein heterogenes Bild (vgl. Abbildung 3.29). Sowohl ohne als auch mit Störschall lässt sich keine Korrelation nachweisen (vgl. Tabelle 3.20).

Bei der weiteren Testung nach Bland-Altman zeigt sich sowohl mit als auch ohne Störschall im Mittel zwar kaum ein Bias, die einzelnen Werte haben jedoch trotzdem eine große Streubreite mit weit auseinanderliegenden Limits of Agreement. Auch die Regressionsgeraden für den Unterschied haben bei hoher Streubreite einen flachen Verlauf (vgl. Abbildung 3.30).



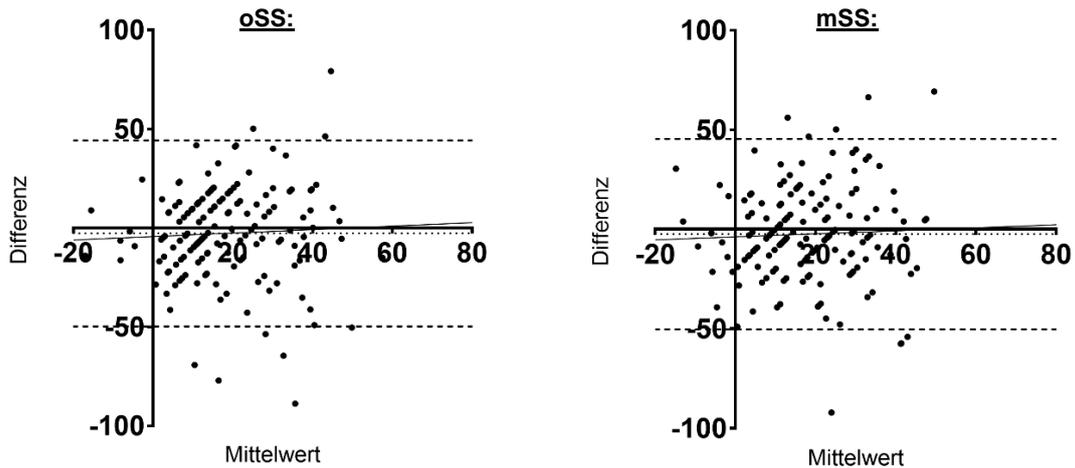
**Abbildung 3.29** Streudiagramm von ECBNRV vs. FBE Gewinn

In der Darstellung sind die errechneten Prozentränge des Gewinns durch die Hörgeräteversorgung der einzelnen Patienten ( $n = 156$ ) der Mittelung aus EC, BN und RV-Untertabelle des APHAB gegen die des Freiburger Einsilbertests (jeweils ohne (grüne Kreise) und mit (blaue Quadrate) Störschall) aufgetragen. Zur besseren Veranschaulichung ist eine Regressionsgerade eingefügt, die einen tendenziellen Zusammenhang mit sehr weiter Streuung der Werte um die Gerade erkennen lässt.

	ECBNRV vs. FBE-O	ECBNRV vs. FBE-O
<b>Spearman <math>r_s</math></b>	0.1505	0.1524
95 %-KI	-0.0115 bis 0.3048	-0.0095 bis 0.3066
p (zweiseitig)	0.0607	0.0575
Stärke n. Cohen	ns	ns

**Tabelle 3.20** Korrelation nach Spearman von ECBNRV und FBE Gewinn

In der Tabelle sind für den Vergleich des Gewinns in der Mittelung der EC, BN und RV-Untertabelle mit den Ergebnissen des Gewinns im FBE durch Hörgeräteversorgung jeweils ohne und mit Störschall der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , das 95 %-KI und der p-Wert angegeben. Die Stärke der Korrelation nach Cohen kann bei fehlender Signifikanz (ns = nicht signifikant) nicht angegeben werden.



**Abbildung 3.30** Bland-Altman-Diagramm von ECBNRV und FBE Gewinn

In der Darstellung sind die Mittelwerte der Prozenträge des Gewinns nach Hörgeräteversorgung aus der Untertabelle und dem FBE gegen die Differenz der beiden (Prozentrang der Untertabelle – Prozentrang FBE) aufgetragen sowie Bias (gepunktete Linie) und Limits of Agreement (gestrichelte Linien) dargestellt. Um zu veranschaulichen, in welche Richtung die Abweichung bei bestimmten Prozentträgen verläuft, wurde eine Regressionsgerade eingefügt.

Links: ohne Störschall (oSS)

Der Bias beträgt -2,749; die SD des Bias ist 23,99; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -49,78 bis 44,28.

Die Regressionsgerade zeigt insgesamt eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

Rechts: mit Störschall (mSS)

Der Bias beträgt -2,429; die SD des Bias ist 24,41; und die 95 % Limits of Agreement reichen von -50,26 bis 45,41.

Die Regressionsgerade zeigt ebenfalls insgesamt eine ausgeglichene Verteilung mit sehr starker Streuung.

## 4 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, ob bzw. inwieweit die subjektiv erfasste Qualität des Hörens mittels Selbsteinschätzung durch den APHAB-Fragebogen, insbesondere dessen Untertabellen, und die objektive Testung durch einen standardisierten Hörtest, hier konkret der Freiburger Einsilbertest, zueinander in Beziehung stehen. Eine gewisse Abhängigkeit mit anderen Hörtests wie der Tonaudiometrie wurde bereits durch Löhler et al. [64, 67] oder Wegner [109] nachgewiesen. Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse der Korrelationsanalysen ohne und mit Hörgerät sowie der durch eine Hörgeräteversorgung entstandene Gewinn diskutiert und potentielle Ursachen für vorhandene oder fehlende Zusammenhänge angeführt. Hierbei wird weiterhin darauf eingegangen, ob man durch eine subjektive fragebogenbasierte Diagnostik zusätzliche Informationen gewinnen kann, die über eine objektive Testung des Hörverstehens nicht erfasst werden. Wie oben bereits erwähnt, wurden bei der Veröffentlichung der Teilergebnisse erste Interpretationen getätigt [76], die im Folgenden zusätzlich vertieft und ausgeweitet werden sollen. Abschließend werden Limitationen und mögliche Fehlerquellen der Untersuchung dargestellt.

### 4.1 Verteilungen

Sowohl Alters- als auch Geschlechtsverteilungen der hier untersuchten Stichprobe entsprechen denen der QuiHz-Datenbank [18, 63]. Eine genaue Ermittlung ist jedoch aufgrund einiger unvollständiger Datensätze in der Datenbank nicht möglich. Die Einteilung basierend auf dem GDH nach der APHAB-Dreifrequenztabelle [70, 71] stellt sich als normalverteilt dar. Aufgrund der gleichmäßigen übereinstimmenden Verteilung sowie der Normalverteilung des GDH lässt sich hier von repräsentativen Daten und entsprechender Validität der Studie ausgehen, auch wenn eine gewisse Unschärfe nicht ausgeschlossen werden kann.

Die aus Tabelle 3.3 bis Tabelle 3.5 ersichtlichen durchschnittlichen Ergebnisse der einzelnen Untertests des APHAB und der Freiburger Einsilbertests ohne und mit Störschall ergeben ein insgesamt zu erwartendes Bild. Mittelwerte und Mediane unterscheiden sich kaum, was auf das Vorliegen einer symmetrischen Verteilung ohne Ausreißer schließen lässt. Dieser Aspekt wird zusätzlich durch die geringe

Standardabweichung unterstrichen. Die etwas über 50 % liegenden Werte der Tests ohne Hörgerät (etwas geringer beim FBE-S, da hier naturgemäß durch das Störgeräusch schlechter verstanden wird (vgl. Tabelle 3.3)) sind plausibel, da zwar eher Patienten getestet werden, die bereits eine relevante Hörschädigung haben, allerdings kaum Patienten, die gar nicht mehr hören können. Die Ergebnisse mit Hörgerät (vgl. Tabelle 3.4) fallen, ebenfalls erwartungsgemäß, etwas besser aus. Der negative minimale Gewinn durch eine Hörgeräteversorgung (vgl. Tabelle 3.5) lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass nicht alle Patienten mit ihren Hörgeräten zurechtkommen oder diese zum Zeitpunkt der Datenerhebung noch nicht ausreichend angepasst waren, sodass die Tests mit Hörgerät schlechter ausfielen als die Tests ohne Hörgerät. Zwar könnten hier auch technische Fehler eine mögliche Ursache darstellen, allerdings passt der höher negative minimale Gewinn in der AV-Unterskala verglichen mit den übrigen Kategorien auch hier ins Schema. Eine andere Studie hat zwar gezeigt, dass laute Geräusche mit Hörgerät insgesamt kaum Auswirkungen auf den Gewinn in dieser Unterskala hatten, diese in der Tendenz jedoch ebenfalls als unangenehmer wahrgenommen wurden [68].

## **4.2 Ergebnisse ohne Hörgerät**

In der graphischen Darstellung anhand von Streudiagrammen und der Korrelationsanalyse nach Spearman zeigt sich, dass geringe bis mittelgradige Abhängigkeiten bestehen, wobei kaum Unterschiede zwischen der EC-Untertabelle und der EC-BN-RV-Mittelung existieren (vgl. Tabelle 3.6 und Tabelle 3.10). Die Differenz zwischen den Korrelationsergebnissen der EC-BN-RV-Mittelung und dem FBE-O bzw. dem FBE-S (vgl. Tabelle 3.10) fällt erwartungsgemäß geringer aus als die Differenz zwischen den Korrelationsergebnissen der EC-Untertabelle und dem FBE-O sowie dem FBE-S (vgl. Tabelle 3.6). Dieser Effekt lässt sich dadurch erklären, dass die EC-BN-RV-Mittelung anders als die EC-Untertabelle beide Test-Hörsituationen erfasst (ruhige und geräuschvolle Umgebung).

Auffällig ist, dass bei der Korrelation der BN-Untertabelle mit dem FBE (vgl. Tabelle 3.7) das Spearman  $r_s$  nicht nur für die Analyse ohne Störschall, sondern ebenfalls für die Analyse mit Störschall deutlich niedriger ausfällt als bei den Ergebnissen für die EC-Untertabelle. Somit besteht in beiden Fällen nur noch

eine sehr geringe Korrelation und es sind keine Unterschiede feststellbar. Eine potentielle Erklärung hierfür könnte die individuelle Kompensation durch Übung im Alltag bieten. So wäre es denkbar, dass z. B. bei beruflicher Lärmexposition oder auch in größeren Familien ein andauernder Hintergrundgeräuschpegel herrscht und die Betroffenen gelernt haben, Gesagtes, obwohl sie es akustisch nicht verstanden haben, auf andere Weise, wie etwa Lippenlesen oder Körpergesten, richtig zu interpretieren. Im APHAB stellen die in der BN-Untertabelle abgefragten Situationen somit vermutlich kein deutlich größeres Problem dar als die Situationen der EC-Untertabelle. In der Testung im FBE kann im Störschall dann jedoch durch die in Kapitel 1.4.3 geschilderten Mechanismen und die nur im Alltag vorhandenen, nun aber fehlenden Hilfen keine Kompensation mehr erfolgen.

Die gegenüber der EC-Untertabelle nur gering schlechtere Korrelation der RV-Untertabelle mit dem FBE-O und sogar bessere Korrelation mit dem FBE-S (vgl. Tabelle 3.8) könnte man mit demselben Verweis auf die in diesem Fall jedoch fehlende Übung im Alltag begründen. Auch wenn es im FBE keine Entsprechung zum Hörverstehen bei Hall oder Echo gibt, stellt das Hören in solchen Situationen für den Patienten oftmals ein größeres Problem dar, da diese Situationen sehr selten auftreten, was sich auch in der Beantwortung der Fragen niederschlägt. Denn bei einer früheren Studie zum APHAB wurde in der RV-Untertabelle bereits eine geringere Beantwortungsfrequenz festgestellt und auch hier wurde mit der oft fehlenden Alltagsrelevanz argumentiert [68].

In der Analyse nach Bland und Altman (vgl. Abbildung 3.2, 3.4, 3.6, 3.8 und 3.10) hingegen zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede in der Korrelation mit den verschiedenen Untertabellen sowie der EC-BN-RV-Mittelung. Hier wird in allen Korrelationen mit dem FBE ohne Störschall im unteren Prozentbereich des APHAB eher eine zu hohe, im oberen Prozentbereich im APHAB eine zu niedrige Selbsteinschätzung nachgewiesen. Die zu hohe Selbsteinschätzung im niedrigen Prozentbereich zeigt ebenfalls, dass die Betroffenen durch die bereits erwähnten Kompensationsmechanismen scheinbar besser im Alltag zurechtkommen, als es das sprachaudiometrische Ergebnis vermuten lassen würde. Die zu niedrige Selbsteinschätzung im oberen Prozentbereich dagegen lässt vermuten, dass eine beginnende Höreinschränkung vielen Menschen stärker zu schaffen macht, als objektiv nachweisbar ist. Betroffene kommen in diesem Stadium offenbar schwerer

mit der vergleichsweise leichten Einschränkung zurecht. Hier spielen möglicherweise das psychische Befinden und in diesem Zusammenhang zu diesem Zeitpunkt meist noch fehlende Kompensationsmechanismen eine große Rolle. Im mittleren Prozentbereich herrscht eine extreme Streuung, sodass trotz eines niedrigen Bias kaum von einer Korrelation gesprochen werden kann. Dies wiederum könnte ein Hinweis dafür sein, dass die Betroffenen mit zunehmendem Hörverlust eine individuell sehr unterschiedliche Zeit benötigen, um Coping-Strategien zu entwickeln.

Bei den Bland-Altman-Diagrammen mit Störschall ist die Differenz insgesamt (und vor allem im niedrigen Prozentbereich) eher zu höheren APHAB-Werten verschoben, was einer noch weiter erhöhten Selbsteinschätzung entspricht. Dies lässt sich jedoch auf den die Sprachaudiometrie erschwerenden Störschall, der die APHAB-Ergebnisse natürlich nicht verändert, zurückführen. Die im Alltag besseren Kompensationsmechanismen bleiben dabei als Erklärung mit dem vorherigen Absatz identisch. Aus diesem Grund ist der Bias insgesamt zwar deutlich erhöht, ergibt jedoch ansonsten ein ähnliches Bild.

### **4.3 Ergebnisse mit Hörgerät**

In der graphischen Darstellung mit Streudiagramm und der Korrelationsanalyse nach Spearman zeigt sich bei den Ergebnissen mit Hörgerät, dass sich bei der Korrelation der EC-Untertabelle mit dem FBE (vgl. Abbildung 3.11 und Tabelle 3.11) sowohl ohne als auch mit Störschall ein stärkerer Zusammenhang ergibt als ohne Hörgerät. Allerdings gibt es hier zwischen den Ergebnissen ohne und denen mit Störschall keinen Unterschied. Dies könnte mit der insgesamt verbesserten Verständlichkeit und der daraus resultierenden geringeren Bandbreite der Prozentränge zusammenhängen.

Diese etwas bessere Korrelation lässt sich jedoch in der Mittelung von EC-, BN- und RV-Untertabelle (vgl. Tabelle 3.15) nicht mehr nachweisen. Hier finden sich ähnliche Werte wie bei der Testung ohne Hörgerät. Gestützt wird diese Feststellung zum einen durch die ähnlichen Ergebnisse der Analyse der RV-Untertabelle ohne sowie mit Hörgerät (vgl. Tabelle 3.13) und zum anderen dadurch, dass die BN-Untertabelle fast keine bzw. im Störschall gar keine Korrelation mehr erkennen lässt

(vgl. Tabelle 3.12). Eine genauere Betrachtung des Streudiagramms (vgl. Abbildung 3.13) zeigt entsprechend, dass in der BN-Untertabelle das Hören mit Hörgerät subjektiv als deutlich besser empfunden wird, als es sich objektiv mit dem FBE, speziell im Störschall, darstellt. Dies könnte mit dem subjektiv als deutlich wirksamer empfundenen Störgeräuschefilter der Hörgeräte zusammenhängen [40], [43]. Da bei einer individuellen Hörgeräteanpassung die Einstellungen des Hörgerätes möglichst optimal auf den Träger zugeschnitten werden, ist die verbesserte Hörwahrnehmung möglicherweise deutlich zugunsten der empfundenen gegenüber der gemessenen verschoben.

In den Analysen nach Bland und Altman (vgl. Abbildung 3.12, 3.14, 3.16, 3.18 und 3.20) zeigt sich das gleiche Muster wie bei den Ergebnissen ohne Hörgerät. Lediglich die durchschnittlichen Prozentränge sind höher, da durch ein Hörgerät insgesamt eine bessere Verständlichkeit erreicht wird. Die ähnlichen Muster in den Bland-Altman-Diagrammen ohne und mit Hörgerät lassen vermuten, dass die Hörgeräteträger, die ein generell höheres Hördefizit aufweisen, im Alltag subjektiv besser mit ihren Hörgeräten zurechtkommen (verglichen mit den sprachaudiometrischen Tests) als diejenigen mit nur geringen Defiziten. Ursächlich hierfür könnte wiederum die bereits zuvor erwähnte erhöhte Kompensationsfähigkeit sein. Allerdings wäre an dieser Stelle im Hinblick auf die in der Einleitung geschilderten Gefahren der verspäteten Hörgeräteversorgung eine Betrachtung der Einzelfälle interessant.

#### **4.4 Ergebnisse des Gewinns**

In der graphischen Darstellung mit Streudiagrammen und der Korrelationsanalyse nach Spearman zeigt sich bei der Korrelationsprüfung zwischen den Unterskalen des APHAB-Fragebogens mit den Ergebnissen des FBE hinsichtlich des Gewinns letztlich keine Übereinstimmungen mehr. Lediglich in der RV-Untertabelle lassen sich noch schwache Korrelationen nachweisen (vgl. Tabelle 3.18). Aufgrund dieser Ergebnisse kann der Nachweis der schwachen Korrelation bei der RV-Untertabelle jedoch am ehesten als unspezifischer Befund und daher als zufällig gewertet werden.

Eine mögliche Erklärung für die hier nicht mehr als signifikant einzustufenden Korrelationen könnte sein, dass der subjektive und objektive Gewinn durch eine Hörgeräteversorgung zu oft nicht übereinstimmen. Diese Diskrepanz zeigt sich auf zwei Arten: Entweder wird der Gewinn subjektiv weniger stark empfunden (möglicherweise sogar als Verschlechterung, also ein negativer Gewinn), als er im FBE gemessen wird, oder es wird eine Verbesserung wahrgenommen, obwohl mit dem FBE keine entsprechende gemessen werden kann. Die erste Situation tritt dabei im vorliegenden Datensatz häufiger auf. Denkbare Ursachen dieser Diskrepanzen wären eine mit geringerer Akzeptanz der Hörgeräte einhergehende verspätete Hörgeräteversorgung; eine bereits postulierte sehr unterschiedliche, interindividuelle Kompensation; psychische Komponenten (z. B. Scham, Depression etc.), die Einfluss auf das subjektive Empfinden haben; Einzelfälle mit nicht gelungener bzw. fehlerhafter Anpassung der Hörgeräte oder eine banale fehlerhafte Erhebung (Fragebogen falsch ausgefüllt oder Störung in der Erhebung der sprachaudiometrischen Daten) oder fehlerhafte Eingabe der Daten (Verwechslung der Fragebögen oder fehlerhafte Übertragung).

Auch in der Analyse nach Bland und Altman (vgl. Abbildung 3.22, 3.24, 3.26, 3.28 und 3.30) lässt sich aus entsprechenden Gründen nun trotz niedriger Bias kaum noch eine Korrelation nachweisen. Die Streuung ist dafür schlicht zu groß.

#### **4.5 AV-Skala**

Interessanterweise korreliert die AV-Skala zwar nur schwach, aber in fast allen Entitäten (ohne Hörgerät, mit Hörgerät und Gewinn) mit dem FBE (vgl. Tabelle 3.9, Tabelle 3.14 und Tabelle 3.19). Einzig bei der Gewinnkorrelation im Störschall zeigt sich keine Signifikanz (vgl. Tabelle 3.19). Eine frühere, in Deutschland durchgeführte Studie untersuchte die Unterskalen des APHAB in einer großen Kohorte mit 35.000 APHAB-Fragebögen vor und nach Hörgeräteversorgung [74]. Hier zeigten sich in der AV-Untertabelle tendenziell negative Bewertungen im APHAB nach Hörgeräteversorgung (-7,75 (95 %-KI -8,05; -7,45)). Mehr als eine negative Korrelation wäre also nicht zu erwarten gewesen. Dementsprechend konnte dieser Sachverhalt in unserer Studie nicht bestätigt werden. Eine Erklärung für diese Diskrepanz könnte die deutlich geringere Fallzahl in unserer Studie und die damit

verbundenen Limitationen sein. Anhand weiterer Studien sollte überprüft werden, ob die moderneren Schallverarbeitungsalgorithmen eine Möglichkeit für das veränderte Ergebnis darstellen könnten.

#### **4.6 Limitationen und mögliche Fehlerquellen**

Zum Zeitpunkt der Datenanalyse standen nur wenige Datensätze mit allen nötigen Kriterien bzw. Untersuchungen für jeden Patienten (vollständiger APHAB, FBE-O und FBE-S jeweils ohne und mit Hörgeräteversorgung) zur Verfügung. Da der Querschnitt der Probanden grundsätzlich die Verteilung der QuiHz-Datenbank widerspiegelt, können bei der vorhandenen Anzahl an Daten zwar Rückschlüsse gezogen und Tendenzen sichtbar gemacht werden, es verbleibt jedoch eine gewisse Unsicherheit, ob sich bei einer deutlich größeren Probandenzahl die Ergebnisse nicht leicht verschieben würden. Dies gilt insbesondere für die nur knapp signifikanten.

Darüber hinaus kann keine Aussage dazu getroffen werden, ob die Ergebnisse international verallgemeinerbar sind, da nur Daten aus Deutschland verwendet wurden. Auch der Einfluss demographischer Parameter, wie Unterschiede in verschiedenen Altersgruppen, Ethnien oder zwischen den Geschlechtern, oder Komorbiditäten, z. B. Depression oder beginnende Demenz, konnte im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden.

Wie bereits zuvor angemerkt, können leider auch Einzelfälle mit Fehlern in der Testung bzw. Datenerhebung (patienten-, untersucher- oder geräteseitig) oder der Dateneingabe nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Hierdurch käme es bei der vergleichsweise geringen Datenmenge möglicherweise zu kleineren Schwankungen der Ergebnisse. Dies gilt auch für die allgemeinen Limitationen des APHAB, wie Verständnisprobleme beim Ausfüllen, eventuelle Diskrepanzen zum Patientenalltag (insbesondere bei der RV-Unterskala), Bias-Probleme oder die hohe interindividuelle Variabilität, welche sich zur Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse in verschiedenen Studien jedoch als nicht relevant gezeigt haben [68, 70, 74].

## 4.7 Schlussfolgerung und Fazit

Dass die APHAB-Subskalen sowie die EC-BN-RV-Kombination in den allermeisten Fällen eine zumindest schwache Korrelation mit den sprachaudiometrischen Daten aufweisen, zeigt, dass die subjektive und die objektive Bewertung einer Hörgeräteversorgung tendenziell miteinander im Einklang stehen.

Vergleichbar mit den Ergebnissen einer weiteren Studie zur Korrelation des APHAB<sub>u</sub> mit dem tonaudiometrischen Hörverlust [64, 67] weisen vor allem die EC- und RV-Skala diese Tendenzen auf. Diskutiert wurde dort, dass hallende oder echoreiche Situationen, wie sie die RV-Skala erfragt, im Alltag weniger häufig vorkommen und somit schlechter trainiert sind als Hörsituationen mit Störgeräuschen, welche die BN-Skala ermittelt.

Die äußerst schwachen bis kaum vorhandenen Korrelationen der subjektiv empfundenen und objektiven Hörverbesserung im Störgeräusch (BN-Skala und FBE-S) bei gleichzeitig etwas besserer Korrelation im FBE-O lassen sich mit einer interindividuell sehr unterschiedlichen Kompensationsfähigkeit in diesen Situationen erklären. Auch ohne Hörgerät ist hier die Korrelation nur schwach ausgeprägt.

Die Mittelung aus den drei Subskalen EC, BN und RV bildet ebenfalls eine Mittelung der Korrelation ab. Korrelieren die einzelnen Skalen stärker mit den Ergebnissen der Sprachaudiometrie, trifft dies auch auf die kumulierten Werte zu. Dies könnte zur Neuberechnung des Nutzens im Rahmen der Qualitätssicherungsvereinbarung zur Hörgeräteversorgung hilfreich sein [76]. Laut Vorschlag einer kürzlich veröffentlichten Publikation [105] sei die Kumulation der drei Subskalen eine Möglichkeit, mit Problemen bei der bisherigen Berechnung umzugehen.

Die im Grundsatz vorhandene positive Korrelation zwischen den Ergebnissen der APHAB-Unterskalen sowie der Mittelung aus EC-, BN- und RV-Skala mit denen des FBE ohne und mit Störschall deutet also darauf hin, dass die sprachaudiometrischen Messergebnisse und die subjektive Bewertung für verschiedene Hörsituationen in der Richtung übereinstimmen [76]. Eine bei Hörverlusten individuell sehr unterschiedliche Kompensationsfähigkeit der Betroffenen ist eine Erklärung für die nur schwachen bis mittelstarken und teils auch nicht vorhandenen Korrelationen [74].

Durch die hier gezeigten Korrelationen, von denen jedoch keine stark ausgeprägt ist, können Sprachaudiometrie und APHAB-Fragebogen als ergänzende, nicht gänzlich unabhängige Parameter in der Beschreibung und Beurteilung der Hörschädigung und dessen Therapie mittels Hörgeräteversorgung angesehen werden.

## 5 Zusammenfassung

Hördefizite treten häufig auf. Sie bleiben aufgrund ihrer vielfältigen Ausprägungen und der im Alltag als unterschiedlich stark empfundenen Einschränkungen oft unerkannt oder werden nicht ausreichend therapiert. Aus diesem Grund gibt es eine Vielzahl diagnostischer Mittel, um diese Defizite zu erfassen und geeignete Therapien mithilfe von Hörgeräten einzuleiten. Dabei nimmt die Wichtigkeit der verschiedenen Hörtests entsprechend der Art der Hörschädigung stetig zu. Erst seit kurzem gewinnen darüber hinaus auch Frageninventare an Bedeutung und haben Einzug in die Leitlinien erhalten. Diese spielen sowohl für die frühe Diagnostik als auch für die Hörgeräteanpassung und nicht zuletzt für die Compliance eine äußerst entscheidende Rolle.

In dieser Studie wurden zwei gut untersuchte und etablierte Verfahren auf korrelative Eigenschaften vor und nach der Hörgeräteversorgung hin untersucht: zum einen der als Standardverfahren der sprachaudiometrischen Hörtestung geltende Freiburger Einsilbertest und zum anderen die Auswertung der Unter-tabellen des APHAB-Fragebogens als subjektives Testkriterium und Qualitätsmerkmal der Hörgeräteanpassung. Für die Untersuchung wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman ermittelt und ergänzend ein Bland-Altman-Diagramm erstellt.

Es wurde eine grundsätzlich positive Korrelation der Ergebnisse beider diagnostischer Verfahren nachgewiesen, die jedoch allenfalls schwach bis mittelstark ausfiel. Es ist davon auszugehen, dass der objektive und der subjektiv empfundene Nutzen einer Hörgeräteversorgung tendenziell miteinander einhergehen. Dies gilt v. a. für die Bereiche der EC- und RV-Skala sowie für eine Kumulation aus EC-, BN- und RV-Skala, was sich mit bereits nachgewiesenen Korrelationen von tonaudiometrischen Hörverlusten [67] deckt. Die Ergebnisse der RV-Skala und ein eher schlechtes bis sogar fehlendes Korrelationsergebnis insbesondere der BN-Skala, auch mit dem FBE-S, lassen sich einerseits durch im Alltag oft fehlendes Training in hallenden bzw. ecoreichen Situationen und andererseits durch hohe individuelle Kompensationsfähigkeiten für Hören im Störschall erklären. Die insgesamt schwachen Korrelationsergebnisse lassen darauf schließen, dass Sprachaudiometrie und APHAB-Fragebogen nicht gänzlich unabhängige, aber sich durchaus ergänzende Parameter in der Diagnostik des Hörverlustes sowie der Versorgung mit und Anpassung von Hörgeräten darstellen.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] ADIGUN, OT: Depression and Individuals with Hearing Loss: A Systematic Review. In: *Journal of Psychology & Psychotherapy* Bd. 7 (2017), Nr. 5, S. 323ff.
- [2] ARTUSI, R; VERDERIO, P; MARUBINI, E: Bravais-Pearson and Spearman Correlation Coefficients: Meaning, Test of Hypothesis and Confidence Interval. In: *The International Journal of Biological Markers* Bd. 17 (2002), Nr. 2, S. 148–151.
- [3] BISHARA, AJ; HITTNER, JB: Testing the significance of a correlation with nonnormal data: Comparison of Pearson, Spearman, transformation, and resampling approaches. In: *Psychological Methods* Bd. 17 (2012), Nr. 3, S. 399–417.
- [4] BLAND, JM; ALTMAN, DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. In: *The Lancet* Bd. 327 (1986), Nr. 8476, S. 307–310.
- [5] BLAND, JM; ALTMAN, DG: Measuring agreement in method comparison studies. In: *Statistical Methods in Medical Research* Bd. 8 (1999), Nr. 2, S. 135–160.
- [6] BÖHME, G; WELZL-MÜLLER, K: Audiometrie im Erwachsenenalter. In: BÖHME, G; WELZL-MÜLLER, K (Hrsg.): *Audiometrie: Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter*. 5. Aufl. Bern: Huber, 2005, S. 51–115.
- [7] BÖHME, G; WELZL-MÜLLER, K: Impedanzmessung. In: BÖHME, G; WELZL-MÜLLER, K (Hrsg.): *Audiometrie: Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter*. 5. Aufl. Bern: Huber, 2005, S. 149–173.
- [8] BÖHME, G; WELZL-MÜLLER, K: Otoakustische Emissionen (OAEs). In: BÖHME, G; WELZL-MÜLLER, K (Hrsg.): *Audiometrie: Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter*. 5. Aufl. Bern: Huber, 2005, S. 175–193.
- [9] BÖHME, G; WELZL-MÜLLER, K: Auditorisch evozierte Potentiale (elektrische Reaktionsaudiometrie, ERA). In: BÖHME, G; WELZL-MÜLLER, K (Hrsg.): *Audiometrie: Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter*. 5. Aufl. Bern: Huber, 2005, S. 195–232.
- [10] BORTZ, J; SCHUSTER, C: Tests zur Überprüfung von Unterschiedshypothesen. In: BORTZ, J; SCHUSTER, C (Hrsg.): *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 7. Aufl. Berlin: Springer, 2010, S. 117–136.
- [11] BRAND, T; WITTKOP, T; WAGENER, K; KOLLMEIER, B: Vergleich von Oldenburger Satztest und Freiburger Wörtertest als geschlossene Versionen [Konferenz-Paper]. In: *7. Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für Audiologie*. Leipzig, 2004. — URL: <http://www.uzh.ch/orl/dga2004/programm/wissprogramm/autoren/autoren.html> - abgerufen am 2021-06-13.
- [12] COHEN, J: *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2. Aufl. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 1988, S. 75-107.
- [13] COX, RM; ALEXANDER, GC: The abbreviated profile of hearing aid benefit. In: *Ear and Hearing* Bd. 16 (1995), Nr. 2, S. 176–186.
- [14] COX, RM: Administration And Application Of The APHAB. In: *The Hearing Journal* Bd. 50 (1997), Nr. 4, S. 32–48.
- [15] COX, RM: Personality and the Subjective Assessment of Hearing Aids. In: *Journal of the American Academy of Audiology* Bd. 10 (1999), Nr. 1, S. 1-13.

- [16] COX, RM; ALEXANDER, GC; GRAY, GA: Audiometric Correlates of the Unaided APHAB. In: *Journal of the American Academy of Audiology* Bd. 14 (2003), Nr. 07, S. 361–371.
- [17] CREMERS, CWRJ; SNIK, AFM; BEYNON, AJ: Hörvergleich zwischen einem im Schädelknochen verankerten und einem konventionellen Knochenleitungshörgerät. In: *Oto-Rhino-Laryngologia Nova* Bd. 2 (1992), Nr. 3, S. 113–117.
- [18] DEUTSCHE FORTBILDUNGSGESELLSCHAFT DER HNO-ÄRZTE MBH: *Quihz - Qualitätssicherung der Integrierten Hörsystemversorgung durch Qualitätszirkel*. — URL: <http://www.quihz.de>. - abgerufen am 2017-02-04.
- [19] DILLER, G: Rehabilitation mit Hörgeräten. In: KIEßLING, J; KOLLMEIER, B; DILLER, G (Hrsg.): *Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten*. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2008, S. 153–217.
- [20] FAHLKE, C; LINKE, WA; RAßLER, B; WIESNER, RJ: Sinnesphysiologie. In: FAHLKE, C; LINKE, WA; RAßLER, B; WIESNER, RJ (Hrsg.): *Taschenatlas Physiologie*. 2. Aufl. München: Urban & Fischer/ Elsevier, 2015, S. 469.
- [21] FREYALDENHOVEN, MC; NABELEK, AK; TAMPAS, JW: Relationship Between Acceptable Noise Level and the Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit. In: *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* Bd. 51 (2008), Nr. 1, S. 136–146.
- [22] GABLENZ, P; HOLUBE, I: Prävalenz von Schwerhörigkeit im Nordwesten Deutschlands. In: *HNO* Bd. 63 (2015), Nr. 3, S. 195–214.
- [23] GEMEINSAMER BUNDESAUSSCHUSS: Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses über eine Änderung der Hilfsmittel-Richtlinie: Freiburger Einsilbertest im Störschall vom 24. November 2016. Veröffentlicht im Bundesanzeiger (BAnz AT 16.02.2017 B3), in Kraft getreten am 17. Februar 2017, Berlin: 2017.
- [24] GEMEINSAMER BUNDESAUSSCHUSS: Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung (Hilfsmittel-Richtlinie/HilfsM-RL) in der Fassung vom 21. Dezember 2011/ 15. März 2012. Veröffentlicht im Bundesanzeiger (BAnz AT 10.04.2012 B2), in Kraft getreten am 1. April 2012, zuletzt geändert am 17. September 2020, veröffentlicht im Bundesanzeiger (BAnz AT 30.09.2020 B2), in Kraft getreten am 1. Oktober 2020, Berlin: 2020.
- [25] GUY, S; SCHÖNWEILER, R; WOLLENBERG, B; ZEHLCHE, T; POHL, M; LÖHLER, J: Die Verständlichkeitskurve für den Freiburger Einsilbertest im Störschall mit einem Signal-Rausch-Abstand (SNR) von 5 dB. In: *HNO* Bd. 68 (2020), Nr. 10, S. 773–779.
- [26] HAHLBROCK, KH: Klinische Erfahrungen mit der Sprachaudiometrie. In: *Archiv für Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde* Bd. 165 (1954), Nr. 2–6, S. 314–326.
- [27] HAHLBROCK, KH: Praktische Anwendung der Sprachaudiometrie bei Anpassung von Hörgeräten. In: *Archiv für Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde* Bd. 167 (1955), Nr. 2–6, S. 440–449.
- [28] HAHLBROCK, KH: Über Sprachaudiometrie und neue Wörterteste. In: *Archiv für Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde* Bd. 162 (1953), Nr. 5, S. 394–431.
- [29] HESSE, G: Hörgeräte im Alter. In: *HNO* Bd. 52 (2004), Nr. 4, S. 321–328.
- [30] HESSE, G: Grundlagen der Anatomie und der Physiologie des Innenohres. In: HESSE, G (Hrsg.): *Innenohrschwerhörigkeit*. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2015, S. 14–22.

- [31] HOLUBE, I: Wie viele Menschen sind schwerhörig?. In: *Zeitschrift für Audiologie* Bd. 49 (2010), Nr. 2, S. 61–70.
- [32] HOLUBE, I; GABLENZ, P VON: Wie schlecht hört Deutschland im Alter? [Konferenz-Paper]. In: *16. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie*. Rostock, 2013. — URL: <https://www.researchgate.net/publication/277076689> - abgerufen am 2018-09-24.
- [33] HOTH, S; STEFFENS, T: Audiometrie - Die Untersuchung des Gehörs und seine technische Versorgung. In: KRAMME, R (Hrsg.): *Medizintechnik: Verfahren - Systeme - Informationsverarbeitung*. 5. Aufl. Berlin: Springer, 2017, S. 207-267.
- [34] HOUGAARD, S; RUF, S; EHIMA (EUROPEAN HEARING INSTRUMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION) und ANOVUM GMBH (Hrsg.): *EuroTrak-Studie* [Studie]. Deutschland: EHIMA (European Hearing Instrument Manufacturers Association) und Anovum GmbH, 2018. — URL: [https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2018/06/EuroTrak\\_2018\\_GERMANY.pdf](https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2018/06/EuroTrak_2018_GERMANY.pdf) - abgerufen am 2018-09-24.
- [35] ITU (INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION); CCITT (COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE ET TÉLÉGRAPHIQUE): *ITU-T Recommendation G.227: International analogue carrier systems - General characteristics common to all analogue carrier-transmission systems - Conventional telephone signal*. — URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.227-198811-l/en>. - abgerufen am 2021-06-06.
- [36] JANSSEN, T: Otoakustische Emissionen. In: LEHNHARDT, E; LASZIG, R (Hrsg.): *Praxis der Audiometrie*. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2009, S. 113–136.
- [37] JOHNSON, JA; COX, RM; ALEXANDER, GC: Development of APHAB Norms for WDRC Hearing Aids and Comparisons with Original Norms. In: *Ear & Hearing* Bd. 31 (2010), Nr. 1, S. 47–55.
- [38] KÄHLER, WM: Prüfung von Zentren (z-Test, t-Test). In: KÄHLER, WM (Hrsg.): *Statistische Datenanalyse: Verfahren verstehen und mit SPSS gekonnt einsetzen*. 3. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2004, S. 237–278.
- [39] KIEßLING, J: Versorgung mit Hörgeräten. In: KIEßLING, J; KOLLMEIER, B; DILLER, G (Hrsg.): *Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten*. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2008, S. 59–130.
- [40] KIEßLING, J: Hörsystemtechnologie - Anpassung von konventionellen Hörsystemen. In: KIEßLING, J; KOLLMEIER, B; BAUMANN, U (Hrsg.): *Versorgung mit Hörgeräten und Hörimplantaten*. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2018, S. 130-148.
- [41] KIEßLING, J: Indikationen zur Versorgung mit Hörsystemen - Konventionelle Hörsysteme. In: KIEßLING, J; KOLLMEIER, B; BAUMANN, U (Hrsg.): *Versorgung mit Hörgeräten und Hörimplantaten*. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2018, S. 237-244.
- [42] KIEßLING, J: Hörsystemtechnologie - Verifikation und Validierung von Hörsystemversorgungen. In: KIEßLING, J; KOLLMEIER, B; BAUMANN, U (Hrsg.): *Versorgung mit Hörgeräten und Hörimplantaten*. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2018, S. 148–160.
- [43] KINKEL, M: Hörgeräte. In: LEHNHARDT, E; LASZIG, R (Hrsg.): *Praxis der Audiometrie*. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2009, S. 165–187.
- [44] KOLLMEIER, B: Grundlagen. In: KIEßLING, J; KOLLMEIER, B; DILLER, G (Hrsg.): *Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten*. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2008, S. 1–58.

- [45] KOMPIS, M: Recruitment. In: KOMPIS, M (Hrsg.): *Audiologie*. 3. Aufl. Bern: Huber, 2013, S. 139–147.
- [46] KOMPIS, M: Stimmgabeltests. In: KOMPIS, M (Hrsg.): *Audiologie*. 3. Aufl. Bern: Huber, 2013, S. 91–96.
- [47] KOMPIS, M: Tympanometrie und Stapediusreflexmessung. In: KOMPIS, M (Hrsg.): *Audiologie*. 3. Aufl. Bern: Huber, 2013, S. 149–157.
- [48] KOMPIS, M: Kinderaudiologie. In: KOMPIS, M (Hrsg.): *Audiologie*. 3. Aufl. Bern: Huber, 2013, S. 187–199.
- [49] KOMPIS, M: Otoakustische Emissionen (OAE). In: KOMPIS, M (Hrsg.): *Audiologie*. 3. Aufl. Bern: Huber, 2013, S. 159–169.
- [50] KOMPIS, M: Auditorisch evozierte Potentiale. In: KOMPIS, M (Hrsg.): *Audiologie*. 3. Aufl. Bern: Huber, 2013, S. 171–185.
- [51] KOMPIS, M: Freifeldaudiometrie. In: *Audiologie*. 3. Auflage. Bern: Huber, 2013, S. 60–63.
- [52] KOMPIS, M: Reinaudiometrie. In: KOMPIS, M (Hrsg.): *Audiologie*. 3. Aufl. Bern: Huber, 2013, S. 37–69.
- [53] KOMPIS, M: Überhören und Vertäubung. In: KOMPIS, M (Hrsg.): *Audiologie*. 3. Aufl. Bern: Huber, 2013, S. 127–138.
- [54] LEHNHARDT, E: Impedanzaudiometrie. In: LEHNHARDT, E; LASZIG, R (Hrsg.): *Praxis der Audiometrie*. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2009, S. 63–88.
- [55] LEHNHARDT, E: Hörschwellenmessung und -wertung. In: LEHNHARDT, E; LASZIG, R (Hrsg.): *Praxis der Audiometrie*. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2009, S. 9–14.
- [56] LEHNHARDT, E: Vertäubung des Gegenohrs. In: LEHNHARDT, E; LASZIG, R (Hrsg.): *Praxis der Audiometrie*. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2009, S. 15–26.
- [57] LEHNHARDT, E: Sprachaudiometrie. In: LEHNHARDT, E; LASZIG, R (Hrsg.): *Praxis der Audiometrie*. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2009, S. 147–164.
- [58] LEHNHARDT, E; MROWINSKI, D: Überschwellige Diagnostik. In: LEHNHARDT, E; LASZIG, R (Hrsg.): *Praxis der Audiometrie*. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2009, S. 53–62.
- [59] LI, CM; ZHANG, X; HOFFMAN, HJ; COTCH, MF; THEMANN, CL; WILSON, MR: Hearing Impairment Associated With Depression in US Adults, National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2010. In: *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery* Bd. 140 (2014), Nr. 4, S. 293.
- [60] LILLIEFORS, HW: On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown. In: *Journal of the American Statistical Association* Bd. 62 (1967), Nr. 318, S. 399–402.
- [61] LÖHLER, J: Der APHAB–Fragebogen (Deutsche Version): Qualitätssicherung bei der Hörgeräteversorgung. In: *HNO-Mitt* Bd. 62 (2012), S. 19–24.
- [62] LÖHLER, J: Roundtable 2 - Zeitgemäße Diagnostik von Hör- und Gleichgewichtsstörungen [Konferenz-Paper]. In: *49. Fortbildungsveranstaltung für Hals-Nasen-Ohrenärzte*. Mannheim: Deutsche Fortbildungsgesellschaft der Hals-Nasen-Ohrenärzte mbH, 2015. — URL: [https://www.fg-hno-aerzte.de/tl\\_files/pdf/referate2015/RT2\\_Loehler%20Zusammenfassung.pdf](https://www.fg-hno-aerzte.de/tl_files/pdf/referate2015/RT2_Loehler%20Zusammenfassung.pdf) - abgerufen am 2016-04-24.
- [63] LÖHLER, J; AKCICEK, B; KAPPE, T; SCHLATTMANN, P; WOLLENBERG, B; SCHÖNWEILER, R: Entwicklung und Anwendung einer APHAB-Datenbank. In: *HNO* Bd. 62 (2014), Nr. 10, S. 735–745.

- [64] LÖHLER, J; AKCICEK, B; KAPPE, T; WOLLENBERG, B; SCHLATTMANN, P; SCHÖNWEILER, R: Die Abhängigkeit von APHABu-Scores von Hörverlusten in Standardaudiogrammen. In: *Laryngo-Rhino-Otologie* Bd. 95 (2016), Nr. 8, S. 540–545.
- [65] LÖHLER, J; AKCICEK, B; PILNIK, M; SAAGER-POST, K; DAZERT, S; BIEDRON, S; OEKEN, J; MÜRBE, D; LÖBERT, J; LASZIG, R; WESARG, T; LANGER, C; PLONTKE, S; RAHNE, T; MACHATE, U; NOPPENNEY, R; SCHULTZ, K; PLINKERT, P; HOTH, S; PRAETORIUS, M; SCHLATTMANN, P; PAU, HW; EHRT, K; HAGEN, R; SHEHATA-DIELER, W; CEBULLA, M; WALTHER, LE; ERNST, A: Evaluation des Freiburger Einsilbertests im Störschall. In: *HNO* Bd. 61 (2012), Nr. 7, S. 586–591.
- [66] LÖHLER, J; AKCICEK, B; WIENKE, A; HOPPE, U: Komplikationen bei der Hörgeräteversorgung ohne HNO-Arzt. In: *HNO* Bd. 62 (2014), Nr. 5, S. 360-366.
- [67] LÖHLER, J; AKCICEK, B; WOLLENBERG, B; KAPPE, T; SCHLATTMANN, P; SCHÖNWEILER, R: The influence of frequency-dependent hearing loss to unaided APHAB scores. In: *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* Bd. 273 (2016), S. 3587–3593.
- [68] LÖHLER, J; AKCICEK, B; WOLLENBERG, B; SCHÖNWEILER, R: Die Verteilung und Streuung von APHAB-Antworten vor und nach einer Hörgeräteversorgung. In: *Laryngo-Rhino-Otologie* Bd. 95 (2016), Nr. 11, S. 768–773.
- [69] LÖHLER, J; AKCICEK, B; WOLLENBERG, B; SCHÖNWEILER, R; VERGES, L; LANGER, C; MACHATE, U; NOPPENNEY, R; SCHULTZ, K; KLEEBERG, J; JUNGE-HÜLSING, B; WALTHER, LE; SCHLATTMANN, P; ERNST, A: Results in using the Freiburger monosyllabic speech test in noise without and with hearing aids. In: *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* Bd. 272 (2014), Nr. 9, S. 2135–2142.
- [70] LÖHLER, J; FROHBURG, R; MOSER, L: Die Verwendung des APHAB zur Messung der Hörgeräteversorgungsqualität in der HNO-Praxis. In: *Laryngo-Rhino-Otologie* Bd. 89 (2010), Nr. 12, S. 737–744.
- [71] LÖHLER, J; MOSER, L; HEINRICH, D; HÖRMANN, K; WALTHER, LE: Klinische Ergebnisse bei der Anwendung des APHAB (deutsche Version) in der Hörgeräteversorgung. In: *HNO* Bd. 60 (2012), Nr. 7, S. 626–636.
- [72] LÖHLER, J; WEGNER, O; WOLLENBERG, B; SCHÖNWEILER, R: Abhängigkeit des APHAB-Werts in der ECu-Skala von Alter, Geschlecht und objektivem Hörverlust. In: *HNO* Bd. 66 (2018), Nr. 7, S. 550–558.
- [73] LÖHLER, J; WOLLENBERG, B; SCHLATTMANN, P; HOANG, N; SCHÖNWEILER, R: Associations between the probabilities of frequency-specific hearing loss and unaided APHAB scores. In: *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* Bd. 274 (2017), Nr. 3, S. 1345–1349.
- [74] LÖHLER, J; WOLLENBERG, B; SCHÖNWEILER, R: APHAB-Scores zur individuellen Beurteilung des Nutzens von Hörgeräteversorgungen. In: *HNO* Bd. 65 (2017), Nr. 11, S. 901–909.
- [75] LÖHLER, J; GRÄBNER, F; WOLLENBERG, B; SCHLATTMANN, P; SCHÖNWEILER, R: Sensitivity and specificity of the abbreviated profile of hearing aid benefit (APHAB). In: *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* Bd. 274 (2017), Nr. 10, S. 3593–3598.
- [76] LÖHLER, J; SIPPEL, M; WALTHER, LE; SCHÖNWEILER, R: Korrelationen zwischen dem APHAB-Fragebogen und dem Freiburger Einsilbertest ohne und mit Störschall. In: *Laryngo-Rhino-Otologie* Bd. 100 (2021). — DOI: 10.1055/a-1528-7555.

- [77] LÜHRING, J; KAPAHNKE, S; HEY, M: Sprachverstehen mit offenem und geschlossenem Freiburger Sprachverständlichkeitstest [Konferenz-Paper]. In: *22. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie*. Heidelberg: German Medical Science GMS Publishing House, 2019. — URL: <https://www.egms.de/static/de/meetings/dga2019/19dga061.shtml> - abgerufen am 2021-06-13.
- [78] MEISTER, H; LAUSBERG, I; WEDEL, H VON; WALGER, M: Untersuchung von Faktoren bei der Erstversorgung mit Hörgeräten. In: *HNO* Bd. 52 (2004), Nr. 9, S. 790–797.
- [79] MEMMELER, T.; SCHÖNWEILER, R; WOLLENBERG, B; LÖHLER, J: Die adaptive Messung des Freiburger Einsilbertests im Störschall. In: *HNO* Bd. 67 (2019), Nr. 2, S. 118–125.
- [80] MROWINSKI, D: Elektrische Reaktionsaudiometrie. In: LEHNHARDT, E; LASZIG, R (Hrsg.): *Praxis der Audiometrie*. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2009, S. 203-238.
- [81] MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T: Das Hörorgan. In: MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T (Hrsg.): *Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2017, S. 12–17.
- [82] MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T: Hörgeräte. In: MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T (Hrsg.): *Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2017, S. 130–146.
- [83] MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T: Stimmgabel und Hörweitenprüfung. In: MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T (Hrsg.): *Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2017, S. 30–33.
- [84] MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T: Trommelfell-Impedanzmessung. In: MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T (Hrsg.): *Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2017, S. 67–84.
- [85] MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T: Otoakustische Emissionen. In: MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T (Hrsg.): *Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2017, S. 96–103.
- [86] MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T: Akustisch Evozierte Potentiale (ERA). In: MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T (Hrsg.): *Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2017, S. 105–119.
- [87] MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T: Überhören und Vertäubung. In: MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T (Hrsg.): *Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2017, S. 41–48.
- [88] MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T: Sprachaudiometrie. In: MROWINSKI, D; SCHOLZ, G; STEFFENS, T (Hrsg.): *Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2017, S. 62–74.
- [89] NIEMEYER, W: Verordnung und Anpassung von Hörapparaten. In: BERENDES, J; LINK, R; ZÖLLNER, F (Hrsg.): *Hals-Nasen Ohrenheilkunde in Praxis und Klinik*. Bd. 6. Stuttgart: Thieme, 1980.
- [90] OHLOW, MA; SECKNUS, MA; WAGNER, A; FARAH, A; BUCHTER, B; YU, J; LAUER, B: Arzt-Patient-Kommunikation in der invasiven Kardiologie. In: *Medizinische Klinik* Bd. 103 (2008), Nr. 12, S. 831–835.
- [91] PAHLKE, T: *Statistische Angaben zur Hörschädigung in Deutschland*. — URL: <http://www.schwerhoerigen-netz.de/MAIN/statistik.asp?inhalt=statistik02>. - abgerufen am 2017-02-17.

- [92] PAUL, RG; COX, RM: Measuring Hearing Aid Benefit With the APHAB. In: *American Journal of Audiology* Bd. 4 (1995), Nr. 3, S. 10–13.
- [93] PROBST, R: Ohr. In: PROBST, R; GREVERS, G; IRO, H (Hrsg.): *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2008, S. 143–280.
- [94] ROBERT KOCH-INSTITUT (HRSG.): *Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie »Gesundheit in Deutschland aktuell 2012«* [Studie]. ROBERT KOCH-INSTITUT (Hrsg. d. Reihe): *Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes*. Berlin: Robert Koch-Institut, 2014.
- [95] RÖSER, D: Schätzung des prozentualen Hörverlustes nach dem Tonaudiogramm. In: HAUPTVERBAND DER GEWERBLICHEN BERUFSGENOSSENSCHAFTEN E. V. (Hrsg. d. Reihe): *Kolloquium Berufliche Lärmschwerhörigkeit. Fragen der Begutachtung nach dem Königsteiner Merkblatt, Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V.*. Bonn: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V., 1980.
- [96] SCHORN, K: Die Aufgaben des HNO-Arztes bei der Hörgeräteversorgung (Teil 1). In: *HNO* Bd. 54 (2006), Nr. 2, S. 139–150.
- [97] SCHORN, K: Die Aufgaben des HNO-Arztes bei der Hörgeräteversorgung (Teil 2). In: *HNO* Bd. 54 (2006), Nr. 3, S. 233–251.
- [98] SHIELD, B: *Evaluation of the social and economic costs of hearing impairment. A Report for Hear It* [Studie]: Hear It, 2006. — URL: [http://www.hear-it.org/sites/default/files/multimedia/documents/Hear\\_It\\_Report\\_October\\_2006.pdf](http://www.hear-it.org/sites/default/files/multimedia/documents/Hear_It_Report_October_2006.pdf) - abgerufen am 2016-05-10.
- [99] SILBERNAGL, S: Zentralnervensystem und Sinne. In: SILBERNAGL, S; DESPOPOULOS, A (Hrsg.): *Taschenatlas Physiologie*. 8. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2012, S. 384-390.
- [100] STEFFENS, T: Die „Sprachbanane“ repräsentiert nicht die normallaute Sprache. In: *Sprache · Stimme · Gehör* Bd. 40 (2016), Nr. 3, S. 105.
- [101] STENGEL, M; LÖHLER, J: Hörgeräteversorgung: Fachärztliche Begleitung angezeigt. In: *Deutsches Ärzteblatt* Bd. 111 (2014), Nr. 12, S. A-504/ B-430/ C-414.
- [102] STORZ, S; SCHÖNWEILER, R; WOLLENBERG, B; LÖHLER, J: Alltagsrelevanz der APHAB-Fragen. In: *HNO* Bd. 67 (2019), Nr. 11, S. 825–835.
- [103] STORZ, S; WOLLENBERG, B; SCHÖNWEILER, R; LÖHLER, J: Der Einfluss der Alltagsrelevanz von APHABu-Fragen auf deren Beantwortung. In: *Laryngo-Rhino-Otologie* Bd. 98 (2019), Nr. 9, S. 617–624.
- [104] STREPPEL, M; WALGER, M; WEDEL, H VON; GABER, E: *Hörstörungen und Tinnitus*. ROBERT KOCH-INSTITUT (Hrsg. d. Reihe): *Gesundheitsberichterstattung des Bundes* Heft 29. Berlin: Robert Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Statistischen Bundesamt, 2006.
- [105] THOMAS, M; SCHÖNWEILER, R; LÖHLER, J: Verfahren zur Ermittlung der Hörverbesserung mittels des APHAB bei einer Hörgeräteversorgung. In: *Laryngo-Rhino-Otologie* Bd. 99 (2020), Nr. 8, S. 536–544.
- [106] THOMAS, M; SCHÖNWEILER, R; LÖHLER, J: Möglichkeiten der Vorhersage des Erfolgs einer Hörgeräteversorgung mittels des APHAB-Fragebogens. In: *Laryngo-Rhino-Otologie* Bd. 100 (2021). — DOI: 10.1055/a-1337-3325
- [107] ULRICH, J; HOFFMANN, E; HEMMERICH, Y: Grundlagen der Hörakustik. In: ULRICH, J; HOFFMANN, E; HEMMERICH, Y (Hrsg.): *Hörakustik Basics*. 2. Aufl. Heidelberg: DOZ-Verlag, 2014, S. 2–38.

- [108] WEDEL, H VON; MEISTER, H: Aktuelle Hörgeräteversorgung. In: BIESINGER, E; IRO, H (Hrsg. d. Reihe): *HNO Praxis heute* Bd. 21. Berlin: Springer, 2002, S. 45–90.
- [109] WEGNER, O: *Untersuchungen zur Korrelation der EC-Skala im Abbreviated Profile Of Hearing Aid Benefit-Fragebogen (APHAB) mit dem Tonaudiogramm bei unversorgter Schwerhörigkeit* [Med. Diss.]. Lübeck: Universität zu Lübeck, 2019.
- [110] WINKLER, A; HOLUBE, I; HUSSTEDT, H: Der Freiburger Einsilbertest im Störschall. In: *HNO* Bd. 68 (2020), Nr. 1, S. 14–24.
- [111] ZAHNERT, T: The Differential Diagnosis of Hearing Loss. In: *Deutsches Ärzteblatt* Bd. 108 (2011), Nr. 25, S. 433–444.
- [112] ZENNER, HP; ZIMMERMANN, U: Pathophysiologie der chronischen Innenohrschwerhörigkeit. In: BIESINGER, E; IRO, H (Hrsg. d. Reihe): *HNO Praxis heute* Bd. 21. Berlin: Springer, 2002, S. 1–26.

## 7 Anhänge

### 7.1 Ethikkommission

#### 7.1.1 Promotionsanzeige



UNIVERSITÄTSKLINIKUM Schleswig-Holstein  
Campus Lübeck · Ratzeburger Allee 160 · D-23538 Lübeck

UNIVERSITÄTSKLINIKUM  
Schleswig-Holstein

Leiter der Ethikkommission der Universität zu Lübeck

Im Hause



**Campus Lübeck**

HNO-Klinik / Sektion für Phoniatrie und Pädaudiologie

**Ansprechpartner:**

Ärztlicher Leiter Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler

**Tel.:** +49-(0)451 - 500 - 3485

**Fax:** +49-(0)451 - 500 - 6792

**E-Mail:** rainer.schoenweiler@phoniatrie.uni-luebeck.de

**Internet:** www.uksh.de/phoniatrie-luebeck

**Datum:** 31.07.2021

**Datei:** Ethikkommission\_121207.docx / Sch 6

Anzeige eines Promotionsvorhabens

Sehr geehrter, lieber Herr Professor Katalinic,

hiermit zeige ich ihnen ein Promotionsvorhaben von Herrn cand. med. Mathias Sippel an.

**Titel:** Korrelation der Untertests im APHAB-Fragebogen mit den Ergebnissen des Freiburger Zahlentests und Freiburger Einsilbertests (FBE) ohne und mit Störschall zur Prädiktion einer Sprachkommunikationsstörung

#### **Hintergrund:**

Der in den 1950er Jahren entwickelte Freiburger Sprachtest (nach heutiger Nomenklatur ein Sprachverstehenstest) gliedert sich in zwei Teile: einen Test für das Verstehen mehrsilbiger Zahlen von 11 bis 99 (FBZ, zehn Gruppen zu je 10 zweistelligen Zahlen) und einen Test einsilbiger Wörter (FBE, 20 Listen zu je 20 Einsilbern). Beim FBZ wird entweder die Lautstärke gesucht, bei der die Patienten 100% oder 50% der Wörter verstehen. Für das 50%-Verstehen kann entweder in mehreren Schritten das Verstehen bei verschiedener Lautstärke ermittelt, wobei das 50%-Verstehen durch Extrapolation im Schnittpunkt einer Gerade durch die im Audiogramm markierte 50%-Linie ermittelt wird. Neuerdings wurde (durch den Betreuer dieser Dissertation) auch ein adaptives Verfahren entwickelt, dass das 50%-Verstehen durch ein computergestütztes Approximationsverfahren ermittelt, noch genauer als mit der ersten Methode. Auf jeden Fall ist der Lautstärkewert des 50%-Verstehens insbesondere für die Begutachtung einer Schwerhörigkeit eine maßgebliche Größe.

Auch für die Hörgeräteversorgung ist der FBE entscheidend. Bislang wurde dieser Test nur absolut messend und ohne Einsatz von Störschall verwendet. Absolut messend bedeutet, dass die Verstehensquote mit einer Sequenz von 20 Einsilbern ermittelt wird. Kürzlich wurde gezeigt, dass unter definierten Bedingungen auch eine Messung unter gleichzeitiger Verwendung von Störschall (einem CCITT-Rauschen) ohne und mit Hörgeräten grundsätzlich möglich ist. Dieses Messverfahren dient mit dazu, bei schwerhörigen Patienten die Leistungsfähigkeit von Hörgeräten unter alltagsnahen Bedingungen zu ermitteln. Seit den 1950er Jahren sind der FBZ und der FBE der Goldstandard der Sprachaudiometrie im deutschsprachigen Raum. Der Test gilt als robust, schnell, kostengünstig und unterliegt keinen Lerneffekten, vorausgesetzt, es werden bei einem Patienten nicht zweimal dieselben Wortlisten verwendet.

Der APHAB ist ein 1995 in den USA entwickeltes, international verfügbares Frageninventar mit insgesamt 24 Fragen zum Hören und Verstehen in verschiedenen typischen Hör- und Kommunikationssituationen. Je sechs Fragen widmen sich folgenden Unterskalen:

- Hören in ruhiger Umgebung (EC-Skala)
- Hören mit Hintergrundgeräuschen (BN-Skala)
- Hören in Räumen mit Echo oder Hall (RV-Skala)
- Hören von lauten Geräuschen (AV-Skala)

Die Patienten haben die Aufgabe, auf einer Skala von A-G ihre Schwierigkeiten in der geschilderten Situation zu bewerten. Diese Antwortmöglichkeiten entsprechen den Prozentwerten von A bis G in Stufen von 1-12-25-50-75-87-99%. Der APHAB dient dabei zum einen der Skalierung subjektiver Hörprobleme in verschiedenen Situationen und zum anderen auch der Erfassung von Veränderungen bei der Nutzung von Hörgeräten. Seit 2013 ist der APHAB durch eine Abrechnungsposition des EBM abgebildet und wird seitdem von niedergelassenen Fachärzten und Klinikärzten vermehrt zur Indikation und Erfolgskontrolle einer Hörgeräteversorgung genutzt. Die Fortbildungsgesellschaft der HNO-Ärzte bietet eine Datenbank an, die mittlerweile tausende Einzeldatensätze von Patienten mit Hörgeräten umfasst. Damit sind die Voraussetzungen dafür gegeben, die Frage zu beantworten, ob Scores in den Untertests den Bedarf für Hörgeräte und den Erfolg nach Versorgung vorhersagen, so dass der Fragebogen auch von Nicht-Fachärzten als Screening eingesetzt werden kann. Damit könnte die in Deutschland festgestellte Unterversorgung mit Hörgeräten bekämpft werden.

Frageninventare wie der APHAB sind – neben der Ton- und Sprachaudiometrie – die dritte Säule in der audiologischen Diagnostik. Für die Tonaudiometrie konnten bestimmte Abhängigkeiten zum APHAB und umgekehrt gezeigt werden. Für die Sprachaudiometrie ist dieses bislang noch nicht untersucht worden.

**Methode:** In der Datenbank des Berufsverbandes deutscher HNO-Ärzte wurden audiologische Daten (Hörverluste in Tonschwellenaudiogrammen) von über 3.500 Patienten einschließlich über 3.000 Ergebnisse aus APHAB-Fragebögen gespeichert. Von einigen 100 dieser Patienten liegen auch die zugehörigen sprachaudiometrischen Untersuchungen vor.

**Erwartete Ergebnisse:** Mit geeigneten statistischen Methoden (z. B. einem gemischten linearen Modell) kann eine mögliche Abhängigkeit des APHAB-Score in einer Unterskala mit entsprechenden prozentualen Hörverlust im FBZ bzw. FBE (ohne und mit Störschall) korreliert werden. Damit könnte eine Vorhersage eines Sprachverstehens aus den Ergebnissen des APHAB-Fragebogens ermöglicht werden. Ein solcher Test könnte auch von Nicht-Fachärzten genutzt werden, um Verstehensprobleme ihrer Patienten zu quantifizieren, wenn ihnen in der Arzt-Patient-Kommunikation ein Verstehensproblem auffällt. Damit könnten Maßnahmen begründet und ergriffen werden, um die Arzt-Patient-Kommunikation zu verbessern (Vermeidung von Störgeräuschen, Verringerung des Abstandes zwischen Sprecher und Zuhörer), fachärztliche Untersuchungen begründet und die Compliance der Patienten verbessert werden.

**Risiken für den Patienten:** Da lediglich eine retrospektive Auswertung vorhandener Daten erfolgt und keine für Patienten belastenden zusätzlichen Maßnahmen erfolgen, stellt sich die Frage, ob ein Ethik-Antrag verzichtbar ist.

Ich würde mich sehr freuen, wenn Sie dem Vorhaben zustimmen.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr

Prof. Dr. R. Schönweiler

Anstalt des öffentlichen Rechts der Universität zu Lübeck  
Dresdner Bank Lübeck Nr. 3 000 412 00 (BLZ 230 800 40), IBAN: DE17 2308 0040 03000 0412 00, SWIFT-Code: DRES DE FF 230

## 7.1.2 Genehmigung



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK

Universität zu Lübeck · Ratzeburger Allee 160 · 23538 Lübeck

Herrn  
Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler  
Sektion für Phoniatrie und Pädaudiologie  
im Hause

### Ethik-Kommission

Vorsitzender:  
Herr Prof. Dr. med. Alexander  
Katalinic  
Stellv. Vorsitzender:  
Herr Prof. Dr. med. Frank Gieseler

Ratzeburger Allee 160  
23538 Lübeck

Sachbearbeitung: Frau Janine  
Erdmann  
Tel.: +49 451 500 46 39  
Fax: +49 451 500 30 26  
ethikkommission@uni-luebeck.de

**Aktenzeichen: 15-338A**  
Datum: 25. November 2015

**Korrelation der Untertests im APHAB-Fragebogen mit den Ergebnissen des  
Freiburger Zahlentests und Freiburger Einsilbertests (FBE) ohne und mit Störschall zur  
Prädiktion einer Sprachkommunikationsstörung  
Ihr Schreiben vom 11. November 2015**

Sehr geehrter Herr Prof. Schönweiler,

mit Ihrem o.g. Schreiben informieren Sie die Ethik-Kommission über Ihr geplantes Vorhaben.

Wir gehen davon aus, dass die Daten vor der Auswertung anonymisiert werden.

Die Ethik-Kommission nimmt das von Ihnen in Ihrem Anschreiben beschriebene Vorhaben zur Kenntnis.  
Eine Behandlung im normalen Antragsverfahren wird nicht für notwendig erachtet.

Mit freundlichen Grüßen

  
Prof. Dr. med. Alexander Katalinic  
Vorsitzender

## 7.2 APHAB-Fragebogen

Fragebogen zur Bestimmung der Hörbeeinträchtigung (APHAB)			
Fallnummer (Praxis-EDV)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Initialen des Patienten, Geschlecht (m/w)		<b>vor</b> <b>nach</b>	
Geburtsdatum		einer Hörgeräteeingliederung	
Vertragsarztnummer	Initialen Bearbeiter	Datum	
Erfahrung mit Hörgeräten	tägliche Verwendung der Hörgeräte	Grad der Hörminderung (ohne Hörgerät)	
<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> weniger als 6 Wochen <input type="checkbox"/> 6 Wochen bis 11 Monate <input type="checkbox"/> 1 bis 10 Jahre <input type="checkbox"/> über 10 Jahre	<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> weniger als 1 Stunde/ Tag <input type="checkbox"/> 1 bis 4 Stunden/ Tag <input type="checkbox"/> 4 bis 8 Stunden/ Tag <input type="checkbox"/> 8 bis 16 Stunden/ Tag	<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> leicht <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> mittel-hochgradig <input type="checkbox"/> hochgradig	
<b>Anweisungen:</b> Bitte wählen Sie die Antwort, die Ihrer alltäglichen Erfahrung am nächsten kommt. Jede Auswahl steht für einen Prozentsatz, der die Auswahl der Antwort erleichtern soll. Wenn z. B. eine Aussage in 75% der Fälle zutrifft, wählen Sie „C“ für diesen Punkt. Wenn Sie eine bestimmte Situation nicht erlebt haben, stellen Sie sich vor, wie Sie in einer ähnlichen Situation antworten würden. Wenn Sie keine Antwort wissen, machen Sie keine Angabe.			
<b>Hinweise:</b> <div style="float: right; font-size: small;">             A: immer (99%)              B: fast immer (87%)              C: häufig (75%)              D: in der Hälfte der Fälle (50%)              E: gelegentlich (25%)              F: selten (12%)              G: nie (1%)           </div>			
1. Wenn ich in einem belebten Lebensmittelgeschäft mit der Kassiererin spreche, kann ich dem Gespräch folgen.	A B C D E F G	13. Die Geräusche von fließendem Wasser, wie eine Toilettenspülung oder Dusche, sind mir unangenehm laut.	A B C D E F G
2. Es entgeht mir viel Information, wenn ich einen Vortrag anhöre	A B C D E F G	14. Wenn ein Sprecher zu einer kleinen Gruppe spricht und alle ruhig zuhören, muss ich mich anstrengen, um zu verstehen.	A B C D E F G
3. Unerwartete Geräusche, wie einen Rauchmelder oder eine Alarmanlage, empfinde ich als unangenehm.	A B C D E F G	15. Wenn ich mit meinem Arzt im Untersuchungszimmer spreche, fällt es mir schwer, dem Gespräch zu folgen.	A B C D E F G
4. Ich habe Schwierigkeiten, zu Hause einem Gespräch mit einem Familienangehörigen zu folgen.	A B C D E F G	16. Ich kann einer Unterhaltung folgen, auch wenn mehrere Personen gleichzeitig sprechen.	A B C D E F G
5. Ich habe Mühe, den Dialog in einem Film oder im Theater zu verstehen.	A B C D E F G	17. Baulärm ist mir unangenehm laut.	A B C D E F G
6. Wenn ich am Autoradio die Nachrichten höre und Familienmitglieder sich dabei unterhalten, habe ich Mühe, die Nachrichten zu verstehen.	A B C D E F G	18. Es ist für mich schwierig, zu verstehen, was bei Vorträgen oder in der Kirche gesprochen wird.	A B C D E F G
7. Wenn ich mit mehreren Personen beim Essen sitze, und ich mich mit einer Person unterhalten möchte, ist es für mich schwierig zu verstehen.	A B C D E F G	19. Ich kann mich mit anderen unterhalten, wenn wir in einer Menschenmenge sind.	A B C D E F G
8. Verkehrslärm ist mir zu laut.	A B C D E F G	20. Die Sirene eines nahen Feuerwehrfahrzeuges ist so laut, dass ich meine Ohren zuhalten muss.	A B C D E F G
9. Wenn ich mit jemandem spreche, der sich am anderen Ende eines großen leeren Raumes befindet, verstehe ich seine Worte.	A B C D E F G	21. Im Gottesdienst kann ich die Worte der Predigt verstehen.	A B C D E F G
10. Wenn ich in einem kleinen Büroraum Fragen stelle oder beantworte, habe ich Schwierigkeiten, dem Gespräch zu folgen.	A B C D E F G	22. Das Geräusch von quietschenden Bremsen ist mir unangenehm laut.	A B C D E F G
11. Wenn ich im Kino oder Theater bin und die Leute um mich herum flüstern und mit Papier rascheln, kann ich dem Dialog immer noch folgen.	A B C D E F G	23. Ich muss den Gesprächspartner bitten, sich zu wiederholen, wenn wir uns zu zweit in einem ruhigen Raum unterhalten.	A B C D E F G
12. Wenn ich mich mit einem Freund in einer ruhigen Umgebung unterhalte, habe ich Schwierigkeiten, zu verstehen.	A B C D E F G	24. Ich habe Mühe, andere zu verstehen, wenn gleichzeitig eine Klimaanlage oder ein Ventilator läuft.	A B C D E F G

## 8 Danksagung

Ich habe wertvolle Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Dissertation erhalten und möchte mich dafür bedanken.

Zuallererst möchte ich mich bei meinen Betreuern für das Überlassen des Themas und das Mentoring bedanken. Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler danke ich dafür, dass ich die Arbeit an der Sektion für Phoniatrie und Pädaudiologie der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Universität zu Lübeck durchführen konnte. Ein ganz besonderer Dank für die hervorragende, ausdauernde und motivierende Betreuung gilt PD Dr. med. Jan Löhler. Er stellte mir die erhobenen Daten zur Verfügung, stand mir immer sofort mit Rat und Tat zur Seite und verlor nie die Geduld mit mir.

Darüber hinaus danke ich dem Institut für Medizinische Biometrie und Statistik (IMBS) der Universität zu Lübeck, welches mir mit wertvollen Ideen und Ratschlägen für die Auswertung weiterhalf.

Den Patientinnen und Patienten danke ich für ihre Einwilligung und die Möglichkeit die erhobenen Daten für diese Studie zu verwenden.

Des Weiteren bin ich meinen Kommilitonen für regen fachlichen und sozialen Austausch sehr dankbar. Hier möchte ich Hanna Graßhoff hervorheben, die mich sehr zu motivieren wusste und an die ich mich zu jeder Tages- und Nachtzeit vertrauensvoll wenden konnte.

Zu guter Letzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden, die mich ebenfalls immer motiviert haben und mir mit liebevoller Unterstützung zur Seite standen.