

## EUHA-Leitlinie

### **Drahtlose Übertragungsanlagen – Messtechnischer Nachweis des individuellen Nutzens und Überprüfung der Anlage**

Version 0.9 (Entwurf)

Stand 06.09.2016

# EUHA

Europäische Union der  
Hörgeräteakustiker e.V.

## Arbeitskreis Hörakustik:

Beate Gromke (Vorsitzende), EUHA, Leipzig  
Martin Blecker, EUHA, Hannover  
Harald Bonsel, EUHA, Reinheim  
Dr.-Ing. Josef Chalupper, advanced bionics, Hannover  
Tillmann Harries B.Sc., Akademie für Hörgeräte Akustik, Lübeck  
Dan Hilgert-Becker, Becker Hörakustik, Koblenz  
Prof. Dr. Inga Holube, Jade Hochschule, Oldenburg  
Dr. Hendrik Husstedt, Deutsches Hörgeräte Institut, Lübeck  
Prof. Dr. Jürgen Kießling, Justus-Liebig-Universität, Gießen  
Thorsten Knoop, GN Otometrics, Münster  
Prof. Dr. Steffen Kreikemeier, Hochschule Aalen  
Thomas Lenck, Akademie für Hörgeräte Akustik, Lübeck  
Dipl.-Ing. Reimer Rohweder, Deutsches Hörgeräte Institut, Lübeck  
Katharina Roth, Akademie für Hörgeräte-Akustik, Lübeck  
Torsten Saile B.Sc., Das Ohr - Hörgeräte und mehr GmbH, Tuttlingen  
Julia Steinhauer, Akademie für Hörgeräte-Akustik, Lübeck  
Alexandra Winkler M.Sc., Jade Hochschule, Oldenburg

Bei der Erarbeitung des Leitfadens stand der Arbeitskreis Hörakustik im engen Austausch mit dem Fachausschuss Pädaudiologie der Deutschen Gesellschaft für Audiologie e. V. (DGA) und der Arbeitsgruppe Pädaudiologie der Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Audiologen, Neurootologen und Otologen (ADANO) der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V.

Herausgeber: Europäische Union der Hörgeräteakustiker e. V.  
Neubrunnenstraße 3, 55116 Mainz, Deutschland  
Tel. +49 (0)6131 28 30-0  
Fax +49 (0)6131 28 30-30  
E-Mail: [info@euha.org](mailto:info@euha.org)  
Internet: [www.euha.org](http://www.euha.org)

Alle hier vorhandenen Dateien, Texte und Grafiken sind urheberrechtlich geschützt. Eine Verwertung über den eigenen privaten Bereich hinaus ist grundsätzlich genehmigungspflichtig.

© EUHA 09-2016

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2. Einstellung und Überprüfung der Übertragungscharakteristik</b>	<b>2</b>
2.1 Überprüfung der Transparenz bei Hörgeräten in der Messbox	2
2.2 Subjektive Überprüfung der Transparenz	4
2.3 In-situ-Überprüfung der Transparenz	5
<b>3. Messtechnischer Nachweis des individuellen Nutzens</b>	<b>6</b>
3.1 Messaufbau	6
3.2 Vorbereitungen	6
3.3 Messablauf	7
<b>Hinweise</b>	<b>8</b>
<b>Literatur</b>	<b>18</b>
<b>Anhang</b>	<b>19</b>

## 1. Einführung

Drahtlose Übertragungsanlagen (oft auch als FM-Anlagen bezeichnet) können in verschiedenen Situationen des alltäglichen Lebens zu einer deutlichen Verbesserung des Sprachverstehens und zu einer Verringerung der Höranstrengung führen. Insbesondere Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen kann so das Verstehen, z. B. bei einer Vortrags- oder Klassenraumsituation, erleichtert werden.

Das Ziel des folgenden Leitfadens ist es, eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie der individuelle Nutzen drahtloser Übertragungsanlagen messtechnisch nachgewiesen werden kann (siehe Abschnitt 3). Als Referenzsituation wird eine für den Einsatz solcher Anlagen typische Vortrags- oder Klassenraumsituation nachgebildet. Damit ist es möglich

- die Situation mit und ohne drahtlose Übertragungsanlage direkt gegenüberzustellen
- und verschiedene Anlagen miteinander zu vergleichen.

Dabei ist der vorgeschlagene Messaufbau so konzipiert, dass dieser ohne größere Modifikationen in der Praxis (beim Hörakustiker, Hals-Nasen-Ohrenarzt, in der Klinik, in Schulen, in pädaudiologischen Einrichtungen usw.) umgesetzt werden kann. Zudem kann der Messaufbau bei Menschen mit und ohne Hörminderung sowie bei Menschen mit Hörgeräten, Cochlea-Implantaten oder anderen Hörhilfen eingesetzt werden.

Bevor der Nutzen der drahtlosen Übertragungsanlage messtechnisch erfasst werden kann, ist es zunächst erforderlich, die Übertragungscharakteristik einzustellen und zu überprüfen (siehe Abschnitt 2). Nur so können verlässliche und reproduzierbare Messergebnisse mit dem Verfahren aus Abschnitt 3 erzielt werden.

## 2. Einstellung und Überprüfung der Übertragungscharakteristik

Wird die Übertragungscharakteristik der drahtlosen Übertragungsanlage zu leise eingestellt, wird das drahtlos übertragene Sprachsignal vom Direktschall und den Umgebungsgeräuschen überdeckt, und der Nutzen der Anlage geht verloren. Werden die Anlagen hingegen zu laut eingestellt, kann der Träger nur eingeschränkt Umgebungsgeräusche wahrnehmen. In diesem Fall wäre keine Kommunikation mit Gesprächspartnern in der direkten Umgebung möglich. Deshalb ist es zu empfehlen, die Übertragungscharakteristik der drahtlosen Übertragungsanlage so einzustellen, dass die Stimme des Vortragenden/Lehrers dominant ist und trotzdem Umgebungsgeräusche wahrgenommen und Äußerungen von Mitschülern/Sitznachbarn verstanden werden können.

Da die Übertragungscharakteristik der drahtlosen Übertragungsanlage direkten Einfluss auf ihren Nutzen hat, ist eine sinnvolle und reproduzierbare Einstellung auch für das Messverfahren aus Abschnitt 3 unerlässlich. Deshalb werden im Nachfolgenden verschiedene Möglichkeiten zur Überprüfung und Einstellung der Übertragungscharakteristik von drahtlosen Übertragungsanlagen angesprochen. Als grundlegende Idee wird dabei der sogenannte 10-dB-FM-Gewinn („10 dB FM advantage“) in Anlehnung an die *Guidelines for Fitting and Monitoring FM Systems* von 1999 des *ASHA Ad Hoc Committee on FM Systems* gefordert [1]. Das Ziel dieser Forderung besteht darin, die drahtlose Übertragungsanlage 10 dB lauter als die Umgebungsgeräusche einzustellen. Da die messtechnische Überprüfung dieser Forderung in den meisten Situationen schwer durchzuführen ist, wird stattdessen die sogenannte „Transparenz“ der drahtlosen Übertragungsanlage gefordert (siehe Hinweis 1), die wie folgt definiert ist:

**Die Übertragungscharakteristik einer drahtlosen Übertragungsanlage ist transparent eingestellt, wenn ein ISTS [3] bei 65 dB SPL am Mikrofon der Übertragungsanlage (Anlagenmikrofon) beim Träger das gleiche Signal erzeugt wie ein ISTS bei 65 dB SPL ohne Anlage. „Gleich“ bedeutet, dass sich die beiden vom Träger wahrgenommenen Signale in einem Frequenzbereich von 500 Hz bis 5 kHz um nicht mehr als  $\pm 3$  dB unterscheiden.**

### 2.1 Überprüfung der Transparenz bei Hörgeräten in der Messbox

Nachfolgend wird in vier Schritten die Überprüfung der Transparenz bei Hörgeräten in der Messbox beschrieben. Eine Erklärung der Hintergründe jedes Teilschritts wird in Hinweis 2 gegeben.

**(I)** Bringen Sie das Hörgerät ohne drahtlose Übertragungsanlage in Trageeinstellung. Messen Sie mit einem ISTS bei 65 dB SPL im Frequenzbereich von 500 Hz bis 5 kHz den Ausgangspegel des Hörgerätes.

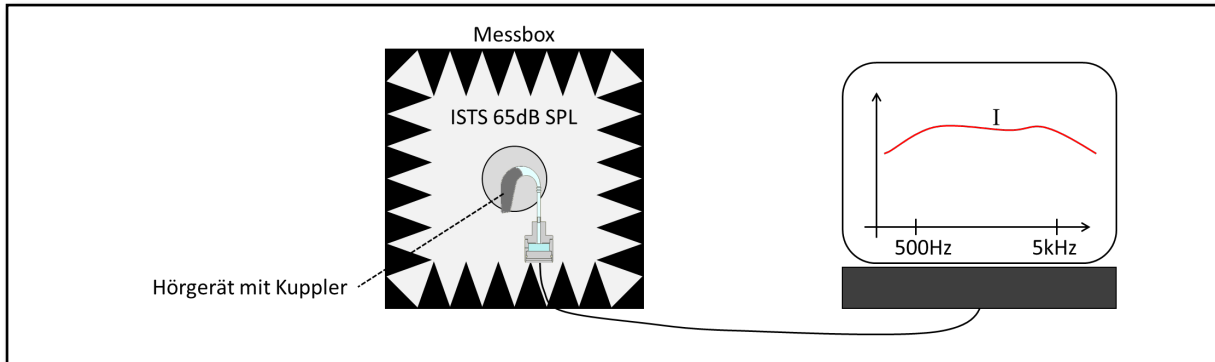


Abb. 1: Transparenzmessung (I) mit Hörgeräten in der Messbox ohne drahtlose Übertragungsanlage

**(II)** Verbinden Sie das Hörgerät mit der drahtlosen Übertragungsanlage und legen Sie das Anlagenmikrofon an eine ruhige Stelle außerhalb der Messbox. Messen Sie mit einem ISTS bei 65 dB SPL im Frequenzbereich von 500 Hz bis 5 kHz den Ausgangspegel des Hörgerätes. In diesem Frequenzbereich muss die gleiche Wiedergabekurve ( $\pm 3$  dB) wie in der Trageeinstellung ohne drahtlose Übertragungsanlage gemessen werden (siehe Schritt I). Passen Sie die Einstellungen des Hörgerätes gegebenenfalls an.

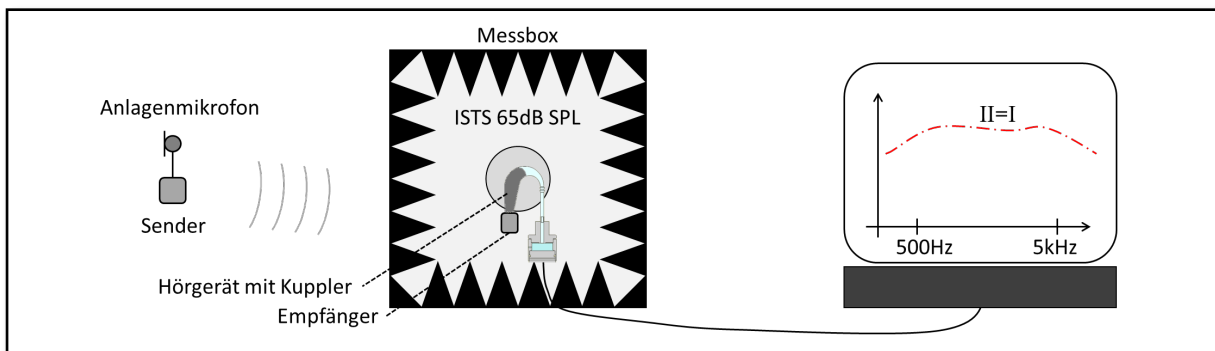


Abb. 2: Transparenzmessung (II) mit Hörgerät in der Messbox

**(III)** Nehmen Sie das Hörgerät mit Kuppler aus der Messbox heraus und prüfen Sie, ob sich der Pegel im Frequenzbereich von 500 Hz bis 5 kHz um mindestens 10 dB verringert. Dieser Schritt dient nur der Überprüfung der Messbedingungen (für Erklärungen siehe Hinweis 2).

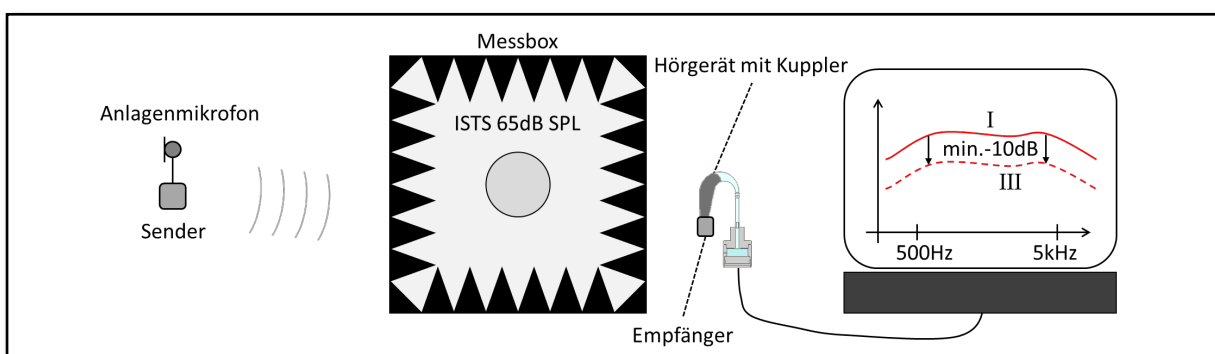


Abb. 3: Transparenzmessung (III) mit leerer Messbox

**(IV)** Legen Sie nun das Anlagenmikrofon in die Messbox und messen Sie mit einem ISTS bei 65 dB SPL im Frequenzbereich von 500 Hz bis 5 kHz den Ausgangspegel des Hörgerätes. Bei Übertragungsanlagen mit Richtmikrofontechnik muss das Anlagenmikrofon in Richtung des Lautsprechers ausgerichtet sein (siehe Hinweis 3). Gibt es zudem unterschiedliche Einstellmöglichkeiten der Richtcharakteristik, sollte die Trageeinstellung verwendet werden. Als Ergebnis muss hier die gleiche Kurve wie in der Trageeinstellung ohne drahtlose Übertragungsanlage gemessen werden (siehe Schritt I). Passen Sie die Einstellungen der drahtlosen Übertragungsanlage gegebenenfalls an.

*Achtung:*

*Sollten Anpassungen der Einstellungen notwendig sein, sollte Schritt II wiederholt werden!*

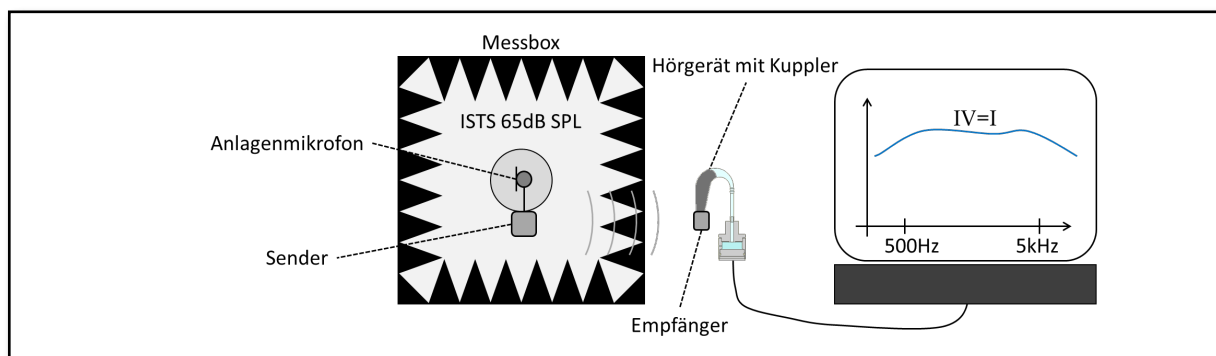


Abb. 4: Transparenzmessung (IV) mit Anlagenmikrofon in der Messbox

## 2.2 Subjektive Überprüfung der Transparenz

Die subjektive Überprüfung der Transparenz kann bei Menschen mit und ohne Hörminde- rung sowie bei Menschen mit Hörgeräten, Cochlea-Implantaten oder anderen Hörhilfen eingesetzt werden. Da diese Überprüfung jedoch nur subjektiv ohne eine objektive fre- quenzabhängige Untersuchung der Übertragungscharakteristik erfolgt, ist für Hörgeräte die Vorgehensweise aus Abschnitt 2.1 vorzuziehen. Insbesondere bei Kindern mit Hörge- räten ist die messtechnische Überprüfung nach Abschnitt 2.1 unverzichtbar.

Vorbereitung: Verbinden Sie die drahtlose Übertragungsanlage wie im späteren Gebrauch durch den Patienten. Setzen Sie den Patienten in einen Messraum, in dem Sie im freien Schallfeld ein ISTS mit 65 dB SPL wiedergeben können. Legen Sie das Anlagenmikrofon in eine Messbox, in der Sie ebenfalls ein ISTS mit 65 dB SPL wiedergeben können. Bei Über- tragungsanlagen mit Richtmikrofontechnik muss das Anlagenmikrofon in Richtung des Nutzschaallautsprechers ausgerichtet sein (siehe Hinweis 3). Gibt es zudem unterschied- liche Einstellmöglichkeiten der Richtcharakteristik, sollte die Trageeinstellung verwendet werden.

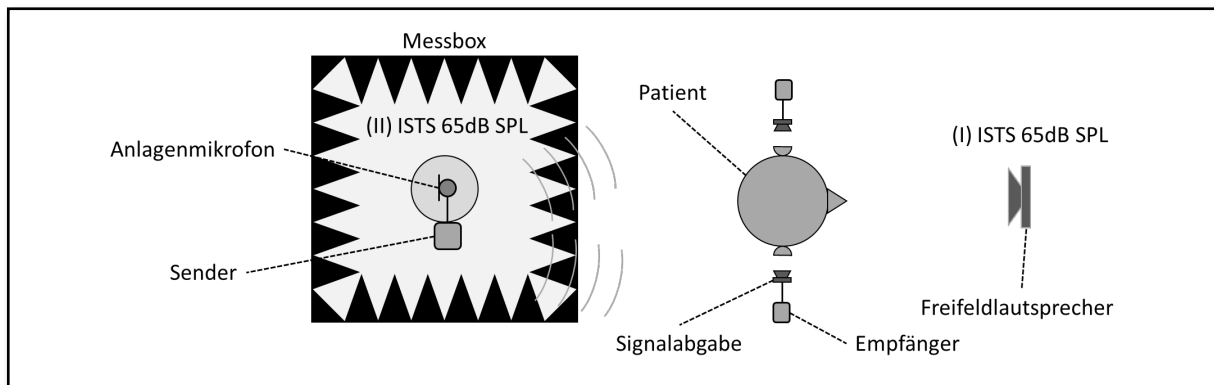


Abb. 5: Subjektive Überprüfung der Transparenz. Der Funktionsblock „Signalabgabe“ steht hier symbolisch für die Abgabe des Signals durch Hörgeräte, Cochlea-Implantate oder Empfangsanlagen für Menschen ohne Hörverlust.

(I) Geben Sie *nur im freien Schallfeld* ein ISTS mit 65 dB SPL wieder und fordern Sie den Patienten auf, sich die Lautstärke (wenn möglich auch Übertragungscharakteristik) einzuprägen.

(II) Geben Sie *nur in der Messbox* ein ISTS mit 65 dB SPL wieder und fragen Sie den Patienten, ob die Lautstärke (ggf. Übertragungscharakteristik) genauso empfunden wird wie in der vorangegangenen Situation. Falls dies nicht der Fall ist, passen Sie die Lautstärke (ggf. Übertragungscharakteristik) der drahtlosen Übertragungsanlage an. Wiederholen Sie die Schritte (I) und (II) so lange, bis der Patient in beiden Situationen die gleiche Lautstärke (ggf. Übertragungscharakteristik) empfindet.

### 2.3 In-situ-Überprüfung der Transparenz

Wird das Signal der drahtlosen Übertragungsanlage akustisch abgegeben, wie bei Empfangsanlagen für Menschen ohne Hörverlust oder bei Hörgeräten, kann die Transparenz auch mit Hilfe einer In-situ-Messung untersucht werden. Dabei wird in gleicher Weise wie in Abschnitt 2.2 vorgegangen. Als wesentlicher Unterschied findet jedoch keine Befragung des Patienten statt, sondern der Schalldruck vor dem Trommelfell wird mit und ohne Übertragungsanlage per In-situ-Messung aufgezeichnet. Dadurch kann eine objektive Überprüfung und Einstellung der Transparenz erfolgen. Es bleibt jedoch anzumerken, dass ein Großteil der momentan verwendeten Messtechnik die Wiedergabe eines ISTS in der Messbox und das gleichzeitige Aufzeichnen einer In-situ-Messung nicht unterstützt.



### 3. Messtechnischer Nachweis des individuellen Nutzens

#### 3.1 Messaufbau

Für das Messverfahren wird die in Abb. 6, Schematische Zeichnung des Messaufbaus für eine Entfernung zum Bezugspunkt von 1 m, veranschaulichte Messanordnung verwendet, wofür folgende Komponenten notwendig sind:

- 2-kanaliges Sprachaudiometer
- 3 Lautsprecher
- Schallpegelmesser (einmalig bei den Vorbereitungen)

Dabei wird der Nutzschall aus  $0^\circ$  und der Störschall über zwei seitlich angeordnete Lautsprecher abgegeben. Dies kann auch mit einem 2-kanaligen Audiometer realisiert werden (siehe Hinweis 4 und [4]).

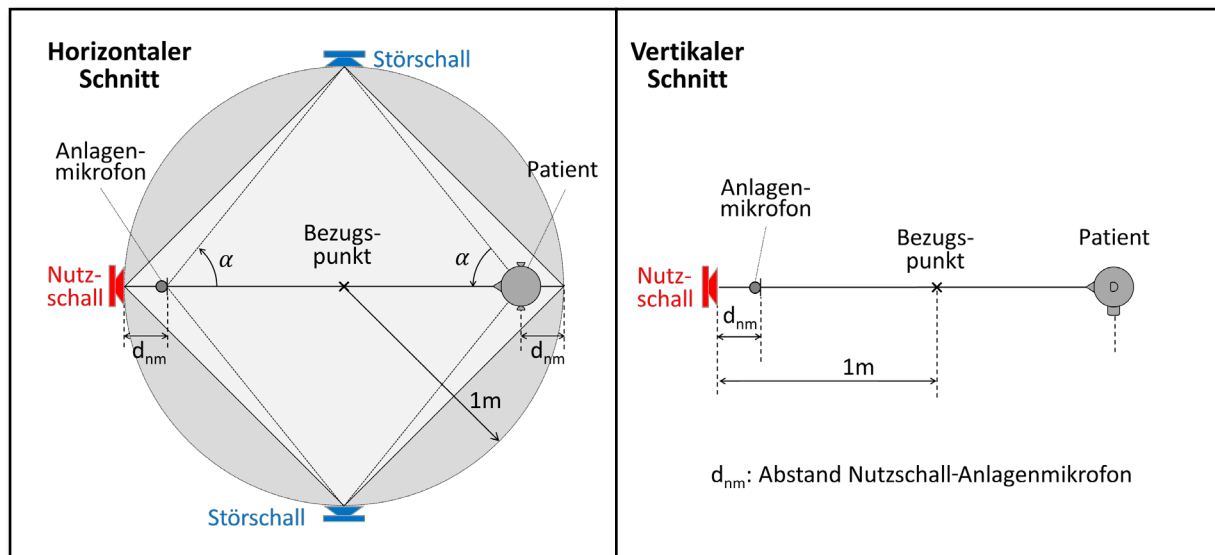


Abb. 6: Schematische Zeichnung des Messaufbaus für eine Entfernung zum Bezugspunkt von 1 m

Die Entfernung  $d_{nm}$  zum Lautsprecher bildet den Abstand zwischen dem Anlagenmikrofon und dem Sprecher nach. Hier wird für

- um den Hals getragene Anlagenmikrofone ein Abstand von  $d_{nm} = 20$  cm
- und für direkt vor dem Mund getragene Anlagenmikrofone ein Abstand von  $d_{nm} = 8$  cm

empfohlen.

#### 3.2 Vorbereitungen

Um die in Abschnitt 3.3 beschriebenen Messungen durchführen zu können, muss zunächst sichergestellt werden, dass das Anlagenmikrofon im richtigen Abstand und in der

richtigen Ausrichtung zum Nutzschalllautsprecher positioniert wird. Als universelle Halterung eignet sich beispielsweise ein Mikrofonständer, an den das Anlagenmikrofon mittels Typenreiniger (oder anderer geeigneter Knetmasse) befestigt wird (siehe Hinweis 5). Bei Übertragungsanlagen mit Richtmikrofontechnik muss das Anlagenmikrofon in Richtung des Nutzschalllautsprechers ausgerichtet sein. Gibt es zudem unterschiedliche Einstellmöglichkeiten der Richtcharakteristik, sollte die Trageeinstellung verwendet werden.

Als weitere Vorbereitung sind mit einem Schallpegelmesser gewisse Korrekturwerte zu bestimmen und festzuhalten. Das Audiometer ist in der Regel relativ zum in Abb. 6 dargestellten Bezugspunkt kalibriert. Für die Messung muss der Pegel jedoch auch an anderen Positionen eingestellt werden. Als Lösung wird mit einem Schallpegelmesser bestimmt, welcher Pegel an den gewünschten Positionen wirklich anliegt. Die Differenz zum am Audiometer eingestellten Wert ist dann der Korrekturwert. Eine genaue Beschreibung findet sich in Hinweis 6 und Hinweis 7.

### 3.3 Messablauf

Bei der Durchführung der Messung wird das Sprachverstehen sowohl *mit* als auch *ohne* drahtlose Übertragungsanlage ermittelt. Der Messaufbau bildet eine Situation in einem typischen Vortragsraum nach, bei der sich der Zuhörer in 4 m Abstand zum Vortragenden befindet. Der Vergleich bezieht sich dabei auf einen Störgeräuschpegel von 60 dB SPL und/oder 70 dB SPL. Dazu müssen die folgenden Schritte durchgeführt werden.

#### Sprachtest ohne drahtlose Übertragungsanlage

- Stellen Sie den Nutzschall- bzw. Sprachpegel am Patienten auf 58 dB SPL ein. Dazu muss der Pegel am Audiometer auf  $58 \text{ dB} + K_1$  eingestellt werden (siehe Hinweis 6).
- Stellen Sie das Störgeräusch an der Position des Patienten und des Anlagenmikrofons auf 60 dB SPL ein. Empfohlen wird das Verdeckungsgeräusch des Audiometers, das sprachsimulierende Rauschen nach DIN EN 60645-2. Dazu muss der Pegel am Audiometer auf  $60 \text{ dB} + K_2$  eingestellt werden (siehe Hinweis 7).
- Führen Sie den gewünschten Sprachtest, z. B. den Freiburger Einsilbertest, durch.
- Falls das Sprachverstehen größer als 50 % ist, muss die Messung mit einem Störgeräuschpegel von 70 dB SPL wiederholt werden.

#### Sprachtest mit drahtloser Übertragungsanlage

- Vergewissern Sie sich, dass die Lautstärke der drahtlosen Übertragungsanlage am Hörgerät richtig eingestellt ist (siehe Abschnitt 2).

- Stellen Sie den Nutzschall- bzw. Sprachpegel am Audiometer auf 65 dB ein. (Da bei der 1-m-Anordnung der Bezugspunkt genau in 1 m Entfernung liegt, ist hier kein Korrekturwert notwendig.)
- Stellen Sie den Störschallpegel, wie in der vorangegangenen Messung, an der Position des Patienten und des Anlagenmikrofons auf 60 dB SPL ein (Pegel am Audiometer wird auf  $60 \text{ dB} + K_2$  eingestellt).
- Führen Sie den Sprachtest wie im vorangegangenen Abschnitt durch.
- Falls bei der Messung ohne drahtlose Übertragungsanlage bei einem Störgeräuschpegel von 70 dB SPL gemessen wurde, muss die Messung mit drahtloser Übertragungsanlage auch bei 70 dB SPL wiederholt werden.

Der Nutzen/Gewinn ergibt sich aus der Differenz des Sprachverstehens *mit* und *ohne* drahtlose Übertragungsanlage für eine Vortragssituation mit geringem (60 dB SPL) und/oder mittlerem Störgeräuschpegel (70 dB SPL). Zusätzliche Hintergrundinformationen zur Messung sind unter dem Hinweis 8 zu finden. Darüber hinaus werden unter Hinweis 9 die möglichen Ergebnisse anhand von drei Beispielen erläutert. Des Weiteren steht in Anhang I eine Vorlage für ein Protokoll zur Verfügung, mit dem die Durchführung der Messungen und die Ergebnisse dokumentiert werden können.

## Hinweise

### Hinweis 1

Der direkte messtechnische Nachweis des 10-dB-FM-Gewinns ist aufgrund der nichtlinearen Signalverarbeitung oft nicht ohne Weiteres möglich. Eine nichtlineare Signalverarbeitung, wie z. B. die Kompression der Lautstärke, findet in der Regel sowohl bei drahtlosen Übertragungsanlagen als auch bei Hörhilfen statt. Als Beispiel soll die Ankopplung bei Hörgeräten betrachtet werden. Der 10-dB-FM-Gewinn kann hier nur untersucht werden, wenn gleichzeitig ein Signal am Anlagenmikrofon und am Hörgerätemikrofon anliegt. Eine aufeinanderfolgende Messung führt aufgrund der nichtlinearen Signalverarbeitung in der Regel zu falschen Ergebnissen. Die Schalldruckpegel sind dabei entsprechend der späteren Anwendung zu wählen, z. B. 80 dB SPL am Anlagenmikrofon und 65 dB SPL an den Hörgerätemikrofonen. Das Problem bei der Auswertung besteht schließlich darin, dass beide Signale zusammen am Ausgang des Hörgerätes aufgezeichnet werden. Um zu zeigen, dass das über das Anlagenmikrofon eingekoppelte Signal 10 dB lauter ist als das über die Hörgerätemikrofone eingekoppelte Signal, müssten beide Signale wieder voneinander getrennt werden. Eine Möglichkeit der Trennung bietet hier beispielsweise das Verfahren nach Hagerman und Olofsson [2]. Da dieses Verfahren im Praxisalltag nicht

zur Verfügung steht, wird deshalb ersatzweise die Forderung nach „Transparenz“ gestellt (siehe Abschnitt 1). Hierbei wird gefordert, dass bei einem ISTS mit 65 dB am Anlagenmikrofon das gleiche Ausgangssignal wie bei einem ISTS mit 65 dB am Hörgerätemikrofon erzeugt wird. Bei dieser Forderung wird in beiden Fällen der gleiche Eingangspegel verwendet, sodass trotz nichtlinearer Signalverarbeitung der gleiche Arbeitspunkt vorherrscht und eine aufeinanderfolgende Messung möglich ist. Wenn die Transparenz bei 65 dB erfüllt wird, stellt sich in der späteren Anwendung mit großer Wahrscheinlichkeit ein FM-Gewinn von ca. 10 dB ein. Dies liegt daran, dass am Anlagenmikrofon, das in der Regel dicht am Mund des Sprechers getragen wird, ein deutlich höherer Pegel von ca. 80 dB SPL anliegt. Bei einer rein linearen Signalverarbeitung würde durch die Forderung der Transparenz also ein FM-Gewinn von 15 dB erzielt werden. Da bei einem Eingangspegel von 80 dB in den meisten Fällen eine Kompression der Lautstärke wirksam ist, stellt sich eher ein Wert von ca. 10 dB ein. Es bleibt jedoch anzumerken, dass die Größe des FM-Gewinns durch die Forderung nach Transparenz nicht exakt definiert und nachgeprüft wird.

## Hinweis 2

Die Überprüfung und Einstellung der Transparenz bei Hörgeräten in der Messbox besteht aus vier Teilschritten. In Schritt I wird als Referenzkurve der Ausgang des Hörgerätes in Trageeinstellung ohne drahtlose Übertragungsanlage bei einem ISTS mit 65 dB SPL gemessen und festgehalten.

Bei Schritt II wird die drahtlose Übertragungsanlage mit dem Hörgerät verbunden, und es wird der Ausgang wieder bei einem ISTS mit 65 dB SPL am Eingang des Hörgerätes gemessen und festgehalten. Da sich das Anlagenmikrofon an einer ruhigen Position außerhalb der Messbox befindet, hängt das Ausgangssignal allein vom Signal am Eingang des Hörgerätemikrofons ab. Deshalb sollte die Kurve üblicherweise bis auf die Messunsicherheiten mit der unter Schritt I ermittelten Kurve übereinstimmen. Es kann jedoch bei manchen Hörgeräten vorkommen, dass sich durch das Ankoppeln der Übertragungsanlage die Übertragungscharakteristik für den Eingang über die Hörgerätemikrofone verändert. Dies wird mit dieser Messung überprüft.

Schritt III dient der Überprüfung der Messbedingungen. Für die Gültigkeit der aufgezeichneten Messkurven bei Schritt II ist es wichtig, dass sich das Anlagenmikrofon und bei Schritt IV, dass sich das Hörgerät mit Kuppler an einer „ruhigen Position“ befinden. Genau diese Forderung wird mit der Messung unter Schritt III untersucht. Als eine ausreichend ruhige Position wird dabei gefordert, dass die unter Schritt III gemessene Kurve, bei der sich sowohl das Anlagenmikrofon als auch das Hörgerät außerhalb der Messbox befinden, mindestens 10 dB unter der Referenzkurve aus Schritt I liegt.

### Hinweis 3

Bei Übertragungsanlagen mit Richtmikrofontechnik muss das Anlagenmikrofon in Richtung des Lautsprechers ausgerichtet werden. Zudem muss es möglich sein, den Kuppler mit Hörgerät soweit vom Signallautsprecher zu entfernen, dass eine Verringerung von 10 dB erzielt wird (siehe Hinweis 2). Nachfolgend soll für einige gängige Messanlagen gezeigt werden, wie diese beiden Forderungen realisiert werden können. Dafür wird exemplarisch ein spezielles Anlagenmikrofon verwendet. Aufgrund der Abmessungen anderer Anlagenmikrofone oder anderer Messboxen kann es sein, dass eine Ausrichtung in Richtung des Lautsprechers nicht möglich ist. In diesem Fall kann ggf. die Richtcharakteristik des Anlagenmikrofons auf omnidirektional gestellt werden, sodass durch eine andere Ausrichtung des Anlagenmikrofons eine Positionierung in der Messbox dennoch möglich ist.

Des Weiteren ist es wichtig anzumerken, dass die folgende Auflistung nicht abschließend ist. Neuere Modelle, wie z. B. die Unity 3 der Firma Siemens, sind noch nicht enthalten. Zudem sind auch einige ältere Modelle nicht aufgelistet. Beispielsweise ist die AURICAL Plus der Firma GN Otometrics nicht enthalten, da hier das benötigte ISTS nicht zur Verfügung steht.

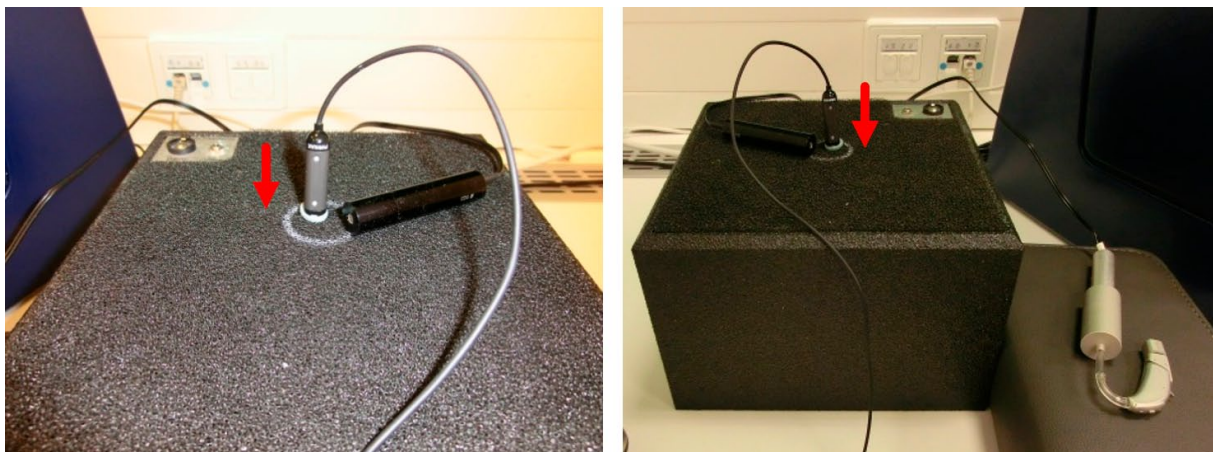


Abb. 7: Bei der offenen Version der Messbox ACAM der Firma Acousticon Hörsysteme wird das Anlagenmikrofon mit Typenreiniger (oder anderer geeigneter Knetmasse) senkrecht nach unten ausgerichtet (siehe linker Teil der Abb.). Im rechten Teil der Abbildung wird die Positionierung des Kupplers mit Hörgerät in ausreichender Entfernung zum Signallautsprecher veranschaulicht.





Abb. 8: Bei der geschlossenen Version der Messbox ACAM der Firma Acousticon Hörsysteme wird das Anlagenmikrofon mit Typenreiniger (oder anderer geeigneter Knetmasse) senkrecht nach unten ausgerichtet (siehe linker Teil der Abb.). Im rechten Teil der Abbildung wird die Positionierung des Kupplers mit Hörgerät in ausreichender Entfernung zum Signallautsprecher veranschaulicht.

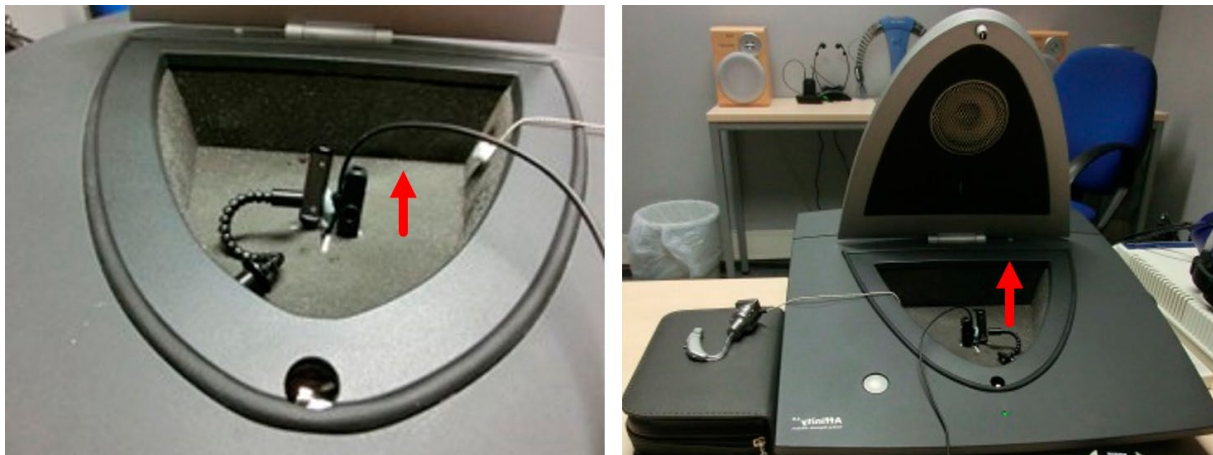


Abb. 9: Bei der Messbox Affinity der Firma MAICO Diagnostics wird das Anlagenmikrofon mit Hilfe einer Ansteckklammer und Typenreiniger (oder anderer geeigneter Knetmasse) senkrecht nach oben ausgerichtet (siehe linker Teil der Abb.). Im rechten Teil der Abbildung wird die Positionierung des Kupplers mit Hörgerät in ausreichender Entfernung zum Signallautsprecher veranschaulicht.

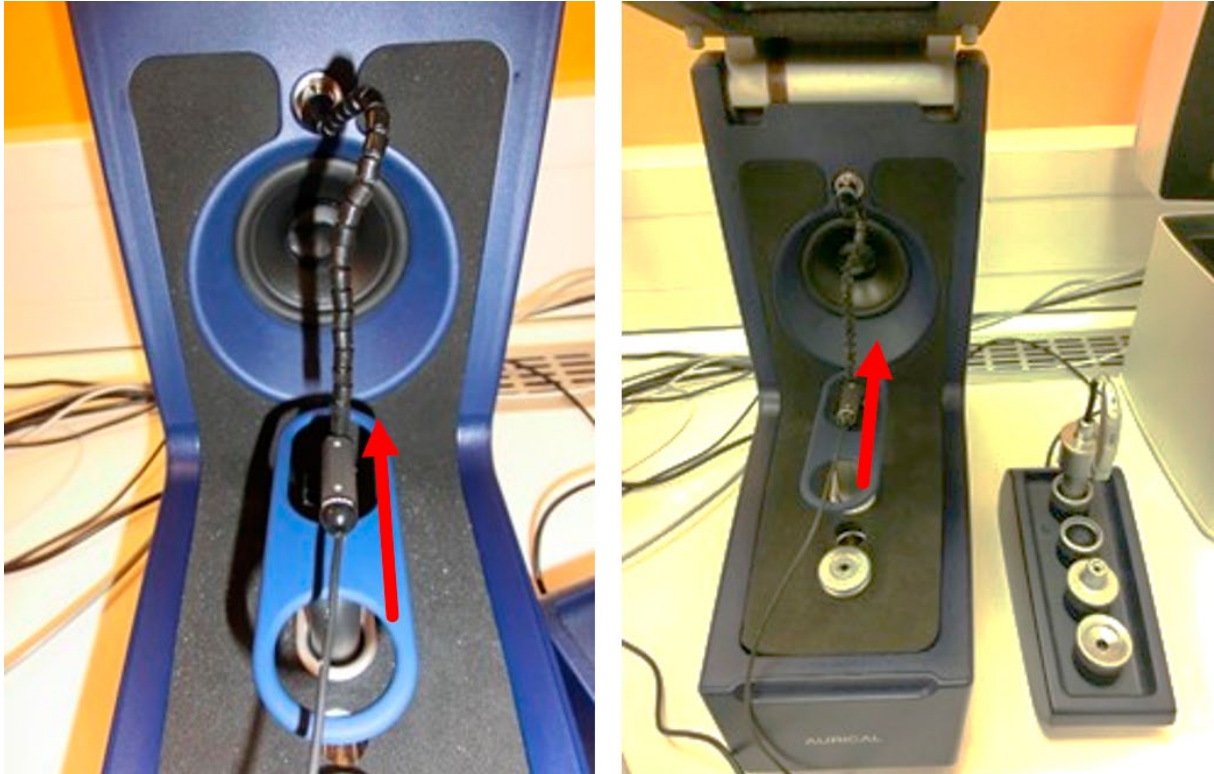


Abb. 10: Bei der Messbox AURICAL HIT der OTOsuite-Familie der Firma GN Otometrics wird das Anlagenmikrofon mit Hilfe der Höhenplatte nach vorne hin ausgerichtet (siehe linker Teil der Abb.). Im rechten Teil der Abbildung wird die Positionierung des Kupplers mit Hörgerät in der Kupplervorrichtung außerhalb der Messbox veranschaulicht.

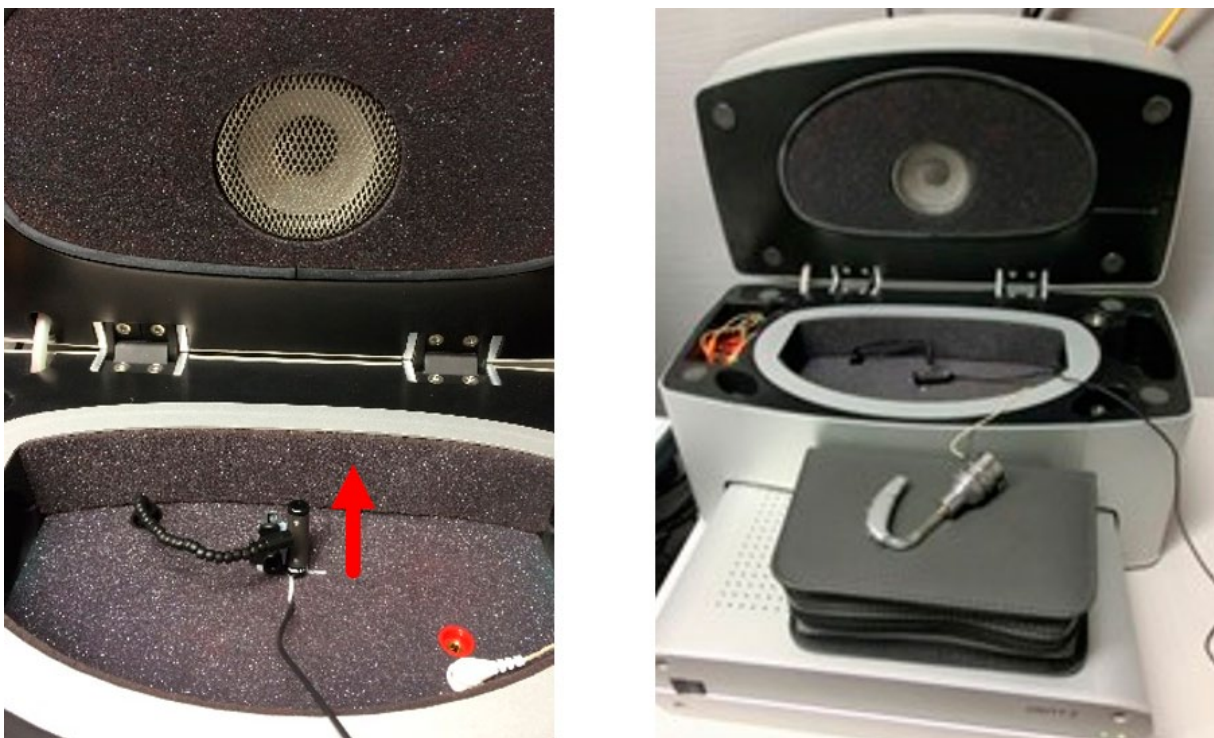


Abb. 11: Bei der Messbox Unity 2 von Siemens muss das Anlagenmikrofon senkrecht nach oben hin ausgerichtet werden (siehe linken Teil der Abb.). Im rechten Teil der Abbildung wird die Positionierung des Kupplers mit Hörgerät in ausreichender Entfernung zum Signallautsprecher veranschaulicht.



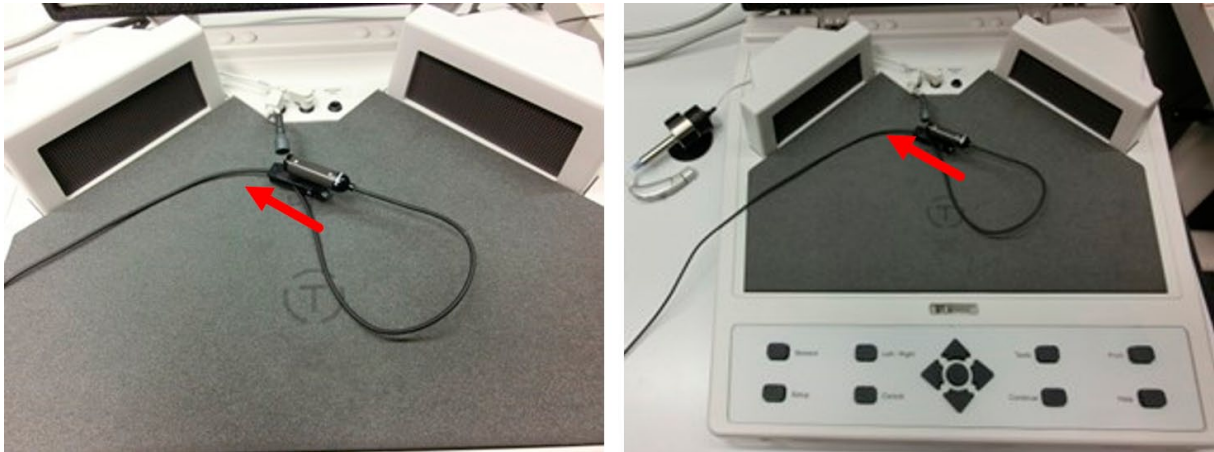


Abb. 12: Bei der Messbox Verifit der Firma AURITEC Medizindiagnostische Systeme wird das Anlagenmikrofon seitlich nach vorne hin ausgerichtet (siehe linker Teil der Abb.). Im rechten Teil der Abbildung wird die Positionierung des Kupplers mit Hörgerät in ausreichender Entfernung zum Signallautsprecher veranschaulicht.



Abb. 13: Bei der Messbox Verifit 2 der Firma AURITEC Medizindiagnostische Systeme wird das Anlagenmikrofon mittig nach vorne hin ausgerichtet. Dies ist aus einer hinteren (links) und seitlichen (rechts) Perspektive in der Abbildung veranschaulicht.

#### Hinweis 4

Um das gleiche Störsignal auf zwei Lautsprecher zu geben, können die beiden Lautsprecher parallel verschaltet werden (siehe [4]). Bitte klären Sie vorher mit dem Hersteller des Audiometers ab, ob die Endstufe des Audiometers eine Parallelschaltung zulässt.



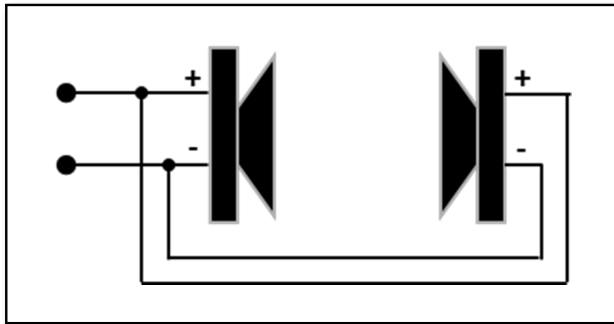


Abb. 14: Veranschaulichung einer parallelen Verschaltung von zwei Lautsprechern

### Hinweis 5

Als universelle Halterung für die Positionierung eignet sich beispielsweise ein Mikrofonständer, an dem das Anlagenmikrofon mittels Typenreiniger (oder anderer geeigneter Knetmasse) befestigt wird:

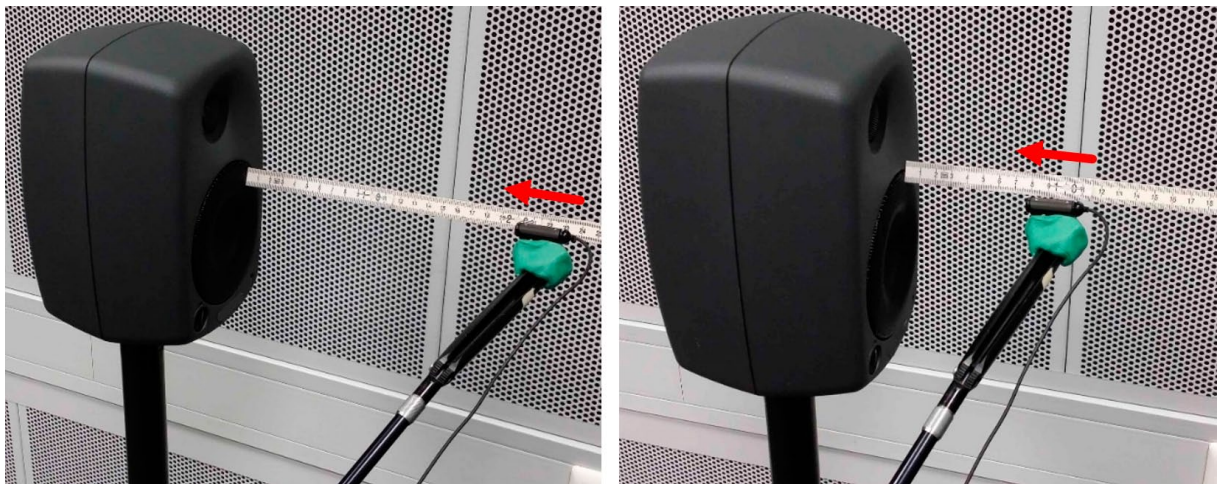


Abb. 15: Möglichkeit, das Anlagenmikrofon in 20 cm (links) oder in 8 cm (rechts) zum Lautsprecher mit Hilfe eines Mikrofonständers und Typenreiniger (oder anderer geeigneter Knetmasse) zu positionieren

### Hinweis 6

Der Schalldruckpegel am Patienten soll auf einfache Weise ohne Kalibrierung auf 58 dB SPL eingestellt werden können. Dazu kann als Vorbereitung mit einem Schallpegelmesser ein entsprechender Korrekturwert  $K_1$  bestimmt werden.  $K_1$  gibt an, um wie viel der am Audiometer für das Sprachsignal einzustellende Wert geändert werden muss, damit der gewünschte Wert an der Position des Patienten anliegt.

*Mögliche Vorgehensweise:*

- Geben Sie am Sprachlautsprecher ein Kalibrierrauschen mit einem Schalldruckpegel von bspw. 70 dB SPL aus.
- Messen Sie den Schalldruckpegel  $L_1$  an der Position des Patienten.
- Der Korrekturwert lässt sich wie folgt berechnen:  $K_1 = 70 \text{ dB} - L_1$ .

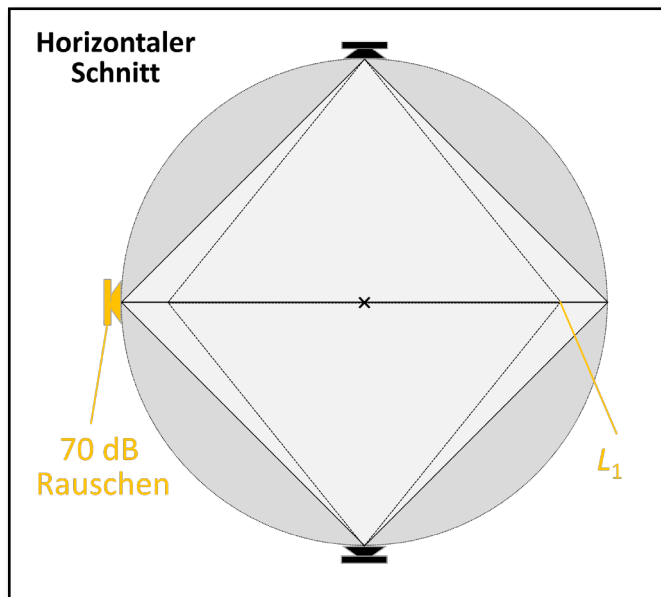


Abb. 16: Darstellung der einzustellenden Schalldruckpegel bei der vorgeschlagenen Methode zur Bestimmung des Korrekturwerts  $K_1$

### Hinweis 7

Der Schalldruckpegel des Störgeräuschs an der Position des Patienten und der Position des Anlagenmikrofons soll auf einfache Weise ohne Kalibrierung auf 60 dB SPL bzw. 70 dB SPL einstellbar sein. Dazu kann in ähnlicher Weise wie bei Hinweis 2 ein entsprechender Korrekturwert  $K_2$  bestimmt werden.  $K_2$  gibt an, um wie viel der am Audiometer für das Störsignal einzustellende Wert geändert werden muss, damit der gewünschte Wert an der Position des Patienten und des Anlagenmikrofons anliegt.

*Mögliche Vorgehensweise:*

- Geben Sie an den Störschalllautsprechern ein Kalibrierrauschen mit einem Schalldruckpegel von bspw. 70 dB SPL aus.
- Messen Sie den Schalldruckpegel  $L_2$  an der Position des Patienten und an der Position des Anlagenmikrofons. (Die beiden Schalldruckpegel sollten gleich groß sein!)
- Der Korrekturwert lässt sich wie folgt berechnen:  $K_2 = 70 \text{ dB} - L_2$ .

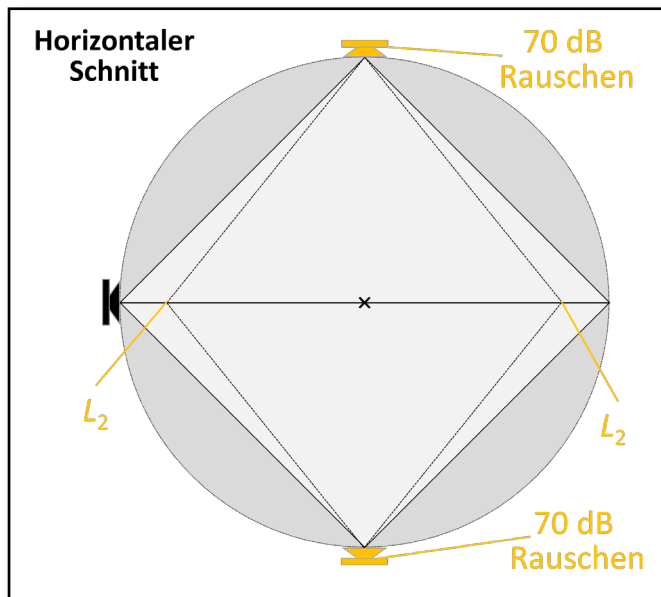


Abb. 17: Darstellung der einzustellenden Schalldruckpegel bei der vorgeschlagenen Methode zur Bestimmung des Korrekturwerts  $K_2$

**Hinweis 8**

Bei der Messung **ohne** Übertragungsanlage entsprechen die geforderten 58 dB SPL an der Position des Patienten der Sprachlautstärke, die von einem normal laut sprechenden Vortragenden in 4 m Entfernung in einem typischen Vortragsraum beim Zuhörer hervorgerufen wird [5]. Bei der Messung **mit** Übertragungsanlage ist der Pegel am Anlagenmikrofon entscheidend. Deswegen wird der Sprachpegel in 1 m Abstand auf 65 dB SPL eingestellt. Dies entspricht einem normal laut sprechenden Vortragenden. Das Sprachsignal, das auf direktem Wege ohne Übertragungsanlage beim Patienten ankommt, ist bei der richtigen Einstellung der Übertragungscharakteristik der drahtlosen Übertragungsanlage (siehe Abschnitt 2) so leise, dass dessen Einfluss vernachlässigt werden kann.

**Hinweis 9**

Nachfolgend sollen mögliche Ergebnisse anhand der drei Beispiele aus Abb. 18 veranschaulicht werden.

a)	ohne	mit	b)	ohne	mit	c)	ohne	mit A1	mit A2
60 dB	20 %	90 %	60 dB	80 %	90 %	60 dB	20 %	95 %	95 %
70 dB	-	-	70 dB	10 %	85 %	70 dB	0 %	90 %	70 %

Abb. 18: Beispielergebnisse für den individuellen Nutzen drahtloser Übertragungsanlagen. Die Zeilen „60 dB“ und „70 dB“ stehen hierbei für die Lautstärke (in SPL) des Störgeräusches. Die Spalten „ohne“ enthalten die Ergebnisse ohne und die Spalten „mit“ die Ergebnisse mit drahtloser Übertragungsanlage. Bei Beispiel c) beinhaltet die Spalte „mit A1“ die Ergebnisse mit der Anlage 1 und die Spalte „mit A2“ die Ergebnisse mit der Anlage 2.

Im ersten Fall (Abb. 18 a) versteht der Patient bei der Messung ohne drahtlose Übertragungsanlage und einem Störgeräusch von 60 dB SPL weniger als 50 %. Dadurch wird die Messung mit drahtloser Übertragungsanlage nur bei 60 dB SPL Störgeräuschpegel durchgeführt. Der Gewinn bzw. die Verbesserung des Sprachverstehens beträgt in diesem Fall schon bei geringem Störgeräuschpegel 70 %.

Im zweiten Fall (Abb. 18 b) versteht der Patient bei der Messung ohne drahtlose Übertragungsanlage und einem Störgeräuschpegel von 60 dB mehr als 50 %. Deswegen wird diese Messung bei einem Störgeräuschpegel von 70 dB SPL wiederholt. Die Messung mit drahtloser Übertragungsanlage wird dann auch bei einem Störgeräuschpegel von 60 dB SPL und 70 dB SPL durchgeführt. So zeigt die Messung bei geringem Störgeräuschpegel eine leichte Verbesserung des Sprachverstehens um 10 % und bei mittlerem Störgeräuschpegel eine deutliche Verbesserung um 75 %.

Das dritte Beispiel (Abb. 18 c) zeigt, wie mit dem Messverfahren verschiedene Anlagen miteinander verglichen werden können. Bei geringem Störgeräuschpegel kann es vorkommen, dass Unterschiede zwischen drahtlosen Übertragungsanlagen nicht deutlich werden. Deshalb wird empfohlen, bei einem Vergleich immer bei einem Störgeräuschpegel von 60 dB SPL und 70 dB SPL zu messen. Wenn das Sprachverstehen ohne Übertragungsanlage bei einem Störgeräuschpegel von 60 dB SPL, wie in diesem Beispiel, bei < 50 % liegt, sollte keine Messung bei einem Störgeräuschpegel von 70 dB SPL durchgeführt werden. Das Ergebnis kann in diesem Fall mit 0 % angenommen werden.

## Literatur

- [1] ASHA Ad Hoc Committee on FM Systems, *Guidelines for Fitting and Monitoring FM Systems*, 1999.
- [2] Hagerman, Björn; Olofsson, Åke. A method to measure the effect of noise reduction algorithms using simultaneous speech in noise. *Acta Acustica united with Acustica* 90(2): 356-361, 2004.
- [3] Holube, Inga; Fredelake, Stefan; Vlaming, Marcel; Kollmeier, Birger. Development and analysis of an International Speech Test Signal (ISTS). *Int J Audiol* 49(12): 891-903, 2010.
- [4] Husstedt, Hendrik; Steinhauer, Julia. Practicability study of a setup for the evaluation of wireless remote microphone technology. *AudiologyNow!*, April 2016.
- [5] Husstedt, Hendrik. Praxistaugliche und realitätsnahe Messung des Sprachverstehen für drahtlose Übertragungsanlagen. 18. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie, März 2016.

## Anhang

### Vorlage Messprotokoll

## Protokoll über den messtechnischen Nachweis des individuellen Nutzens und Überprüfung der Anlage

Kunde: \_\_\_\_\_

Prüfer: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Anlage 1 (A1): \_\_\_\_\_

Anlage 2 (A2): \_\_\_\_\_

Anlage 3 (A3): \_\_\_\_\_

### 1) Überprüfung der Transparenz bei Hörgeräten mit einer Messbox

Die Transparenz der drahtlosen Übertragungsanlage wurde anhand des/der folgenden Verfahren(s) eingestellt und überprüft:

- Überprüfung der Transparenz bei Hörgeräten in der Messbox (vgl. Abschnitt 2.1 des Leitfadens)
- Subjektive Überprüfung der Transparenz (vgl. Abschnitt 2.2 des Leitfadens)
- In-situ-Überprüfung der Transparenz (vgl. Abschnitt 2.3 des Leitfadens)
- \_\_\_\_\_

### 2) Korrekturwerte

(vgl. Abschnitt 3.2, Hinweis 6 und Hinweis 7 des Leitfadens)

Sprachlautsprecher:  $K_1 =$  \_\_\_\_\_

Störschalllautsprecher:  $K_2 =$  \_\_\_\_\_

### 3) Messergebnisse Sprachtests

(vgl. Abschnitt 3 des Leitfadens)

	ohne	mit A1	mit A2	mit A3
60 dB				
70 dB				