

## EUHA-Leitlinie

### **Drahtlose akustische Übertragungs- anlagen – Einstellung, Überprüfung und messtechnischer Nachweis des individuellen Nutzens**

Leitlinie 04-06 - Version 1.0 - Stand: 09.05.2017

**EUHA**

Europäische Union der  
Hörakustiker e.V.

## Expertenkreis Hörakustik

Beate Gromke (Vorsitzende), EUHA, Leipzig  
Martin Blecker, EUHA, Hannover  
Harald Bonsel, EUHA, Reinheim  
Dr.-Ing. Josef Chalupper, advanced bionics, Hannover  
Dan Hilgert-Becker, Becker Hörakustik, Koblenz  
Prof. Dr. Inga Holube, Jade Hochschule, Oldenburg  
Dr. Hendrik Husstedt, Deutsches Hörgeräte Institut, Lübeck  
Julia Kahl, geb. Steinhauer, Akademie für Hörakustik, Lübeck  
Thorsten Knoop, Hörgeräte von Knoop, Kiel  
Prof. Dr. Steffen Kreikemeier, Hochschule Aalen  
Thomas Lenck, Akademie für Hörakustik, Lübeck  
Dipl.-Ing. Reimer Rohweder, Deutsches Hörgeräte Institut, Lübeck  
Katharina Roth, Akademie für Hörakustik, Lübeck  
Torsten Saile B.Sc., Tuttlingen

Bei der Erarbeitung der Leitlinie stand der Expertenkreis 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 Hörakustiker 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 08-2017

# 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 Messablauf	7
<b>Literatur</b>	<b>9</b>
<b>Anhang</b>	<b>10</b>

## 1. Einführung

In verschiedenen Situationen des alltäglichen Lebens kann eine drahtlose Übertragung eines entfernt gelegenen Mikrofonsignals 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.

Technologisch wird die drahtlose Übertragung eines entfernt gelegenen Mikrofonsignals beispielsweise durch klassische FM-Anlagen, Wireless-Mikrofone oder mit Hilfe eines Smartphones realisiert. Für eine allgemeine Betrachtungsweise wird im Folgenden die Einrichtung zur technischen Umsetzung als *drahtlose akustische Übertragungsanlage (DAÜ-Anlage)* bzw. im Englischen als *Wireless Remote Microphone System (WRM-System)* bezeichnet. Zudem wird das entfernt gelegene Mikrofon der Anlage allgemein als *Anlagenmikrofon* bzw. im Englischen als *Remote Microphone* bezeichnet.

Das Ziel der folgenden Leitlinie ist es, eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie der individuelle Nutzen einer DAÜ-Anlage 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 DAÜ-Anlage direkt gegenüberzustellen
- und verschiedene DAÜ-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 DAÜ-Anlagen messtechnisch erfasst werden kann, ist es zunächst erforderlich, die Übertragungscharakteristik auf eine bestimmte Weise einzustellen und zu überprüfen (siehe Abschnitt 2). Nur so können verlässliche und reproduzierbare Messergebnisse mit dem Verfahren aus Abschnitt 3 erzielt werden.

*Hinweis: Alle in dieser Leitlinie enthaltenen Erläuterungen sind allgemein gehalten und gehen nicht auf herstellerspezifische Besonderheiten ein. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass alle Hersteller von Messeinrichtungen die Möglichkeit haben, eine herstellerspezifische Anleitung zur Umsetzung der Leitlinie über die EUHA zur Verfügung zu stellen. Dafür nehmen Sie bitte unter [info@euha.org](mailto:info@euha.org) Kontakt mit der EUHA auf. Für die Anwender werden diese herstellerspezifischen Erläuterungen zur Umsetzung der Leitlinie zusammen mit der Leitlinie zur Verfügung gestellt (Verlinkung). Die Verlinkung erfolgt vorbehaltlich einer Prüfung der zur Verfügung gestellten Inhalte durch die EUHA.*

## 2. Einstellung und Überprüfung der Übertragungscharakteristik

Wird die Übertragungscharakteristik der DAÜ-Anlage zu leise eingestellt, wird das drahtlos übertragene Sprachsignal vom Direktschall und den Umgebungsgeräuschen überdeckt, und der Nutzen der DAÜ-Anlage geht verloren. Wird die DAÜ-Anlage 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 DAÜ-Anlage so einzustellen, dass das drahtlos übertragende Mikrofonsignal (z. B. die Stimme des Vortragenden/Lehrers) dominant ist und trotzdem akustische Signale in der Umgebung (z. B. Äußerungen von Mitschülern/Sitznachbarn) wahrgenommen und verstanden werden können.

Da die Übertragungscharakteristik der DAÜ-Anlage 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 DAÜ-Anlagen 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 DAÜ-Anlage 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 DAÜ-Anlage gefordert (zusätzliche Erläuterungen: siehe Anhang I - a)), die wie folgt definiert ist:

**Die Übertragungscharakteristik einer DAÜ-Anlage ist transparent eingestellt, wenn ein ISTS [2] bei 65 dB SPL am Anlagenmikrofon beim Träger das gleiche Signal erzeugt wie ein ISTS bei 65 dB SPL ohne DAÜ-Anlage. „Gleich“ bedeutet, dass sich die beiden vom Träger wahrgenommenen Signale in einem Frequenzbereich von 800 Hz bis 3,5 kHz um nicht mehr als  $\pm 5$  dB unterscheiden.**

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

Nachfolgend wird in drei Schritten die Überprüfung der Transparenz bei Hörgeräten in der Messbox beschrieben. Eine genauere Erklärung der Hintergründe jedes Teilschritts wird in Anhang I - b) gegeben.

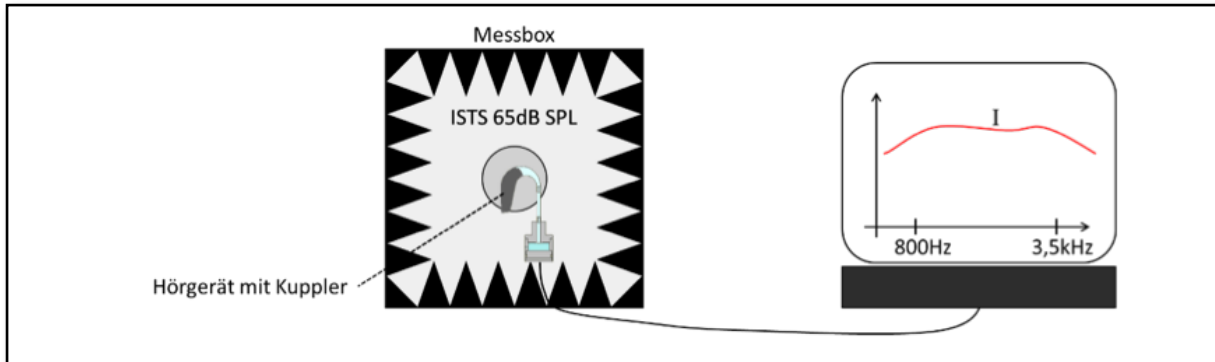


Abb. 1: Transparenzmessung (I) mit Hörgeräten in der Messbox ohne DAÜ-Anlage

**(I)** Bringen Sie das Hörgerät ohne DAÜ-Anlage in Trageeinstellung. Messen Sie mit einem ISTS bei 65 dB SPL im Frequenzbereich von 800 Hz bis 3,5 kHz den Ausgangspegel des Hörgerätes.

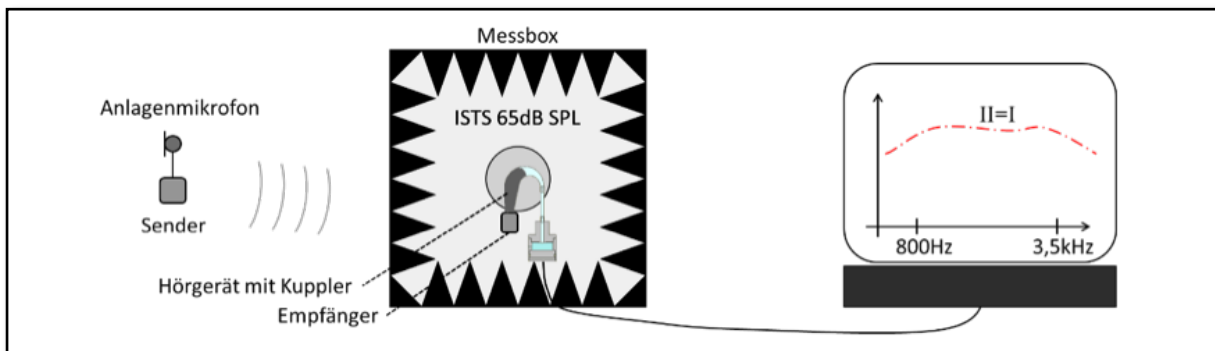


Abb. 2: Transparenzmessung (II) mit Hörgerät in der Messbox

**(II)** Verbinden Sie das Hörgerät mit der DAÜ-Anlage und legen Sie das Anlagenmikrofon an eine ruhige Stelle außerhalb der Messbox. Messen Sie mit einem ISTS bei 65 dB SPL im Frequenzbereich von 800 Hz bis 3,5 kHz den Schalldruckpegel am Ausgang des Hörgerätes. In diesem Frequenzbereich muss die gleiche Kurve ( $\pm 5$  dB) wie in der Trageeinstellung ohne DAÜ-Anlage gemessen werden (siehe Schritt I). Passen Sie die Einstellungen des Hörgerätes gegebenenfalls an.

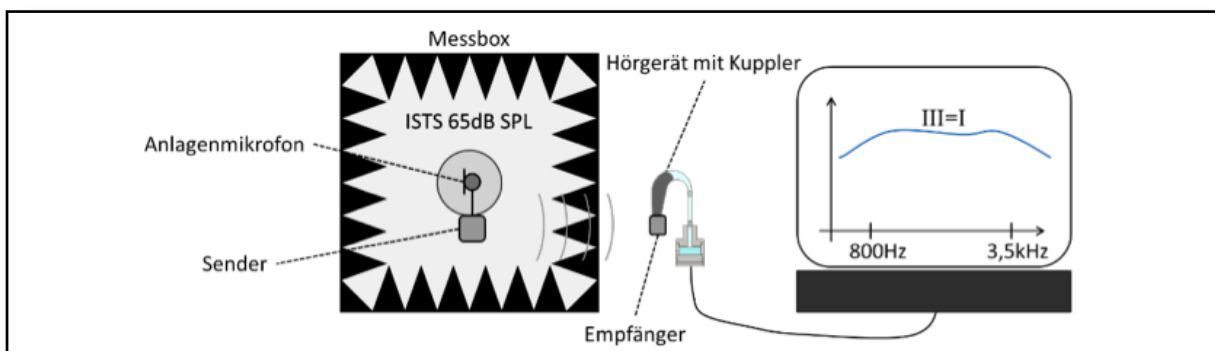


Abb. 3: Transparenzmessung (III) mit Anlagenmikrofon in der Messbox

(III) Legen Sie nun das Anlagenmikrofon in die Messbox und messen Sie mit einem ISTS bei 65 dB SPL im Frequenzbereich von 800 Hz bis 3,5 kHz den Schalldruckpegel am Ausgang des Hörgerätes. Bei DAÜ-Anlagen mit Richtmikrofontechnik muss das Anlagenmikrofon in Richtung des Lautsprechers ausgerichtet sein (siehe Anhang I - c)). Gibt es zudem unterschiedliche Einstellmöglichkeiten der Richtcharakteristik, sollte die Trageeinstellung verwendet werden. Als Ergebnis muss hier die gleiche Kurve ( $\pm 5$  dB) wie in der Trageeinstellung ohne DAÜ-Anlage gemessen werden (siehe Schritt I). Passen Sie gegebenenfalls die Einstellungen der DAÜ-Anlage und/oder des Hörgerätes an.

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

Für die Gültigkeit der aufgezeichneten Messkurven bei Schritt II und Schritt III ist es wichtig, dass sich das Anlagenmikrofon und das Hörgerät mit Kuppler bei den zugehörigen Messungen jeweils an einer „ruhigen Position“ befinden. Ob eine ausreichend ruhige Position vorliegt, sollte bei jeder Durchführung auf die nachfolgend beschriebene Weise überprüft werden.

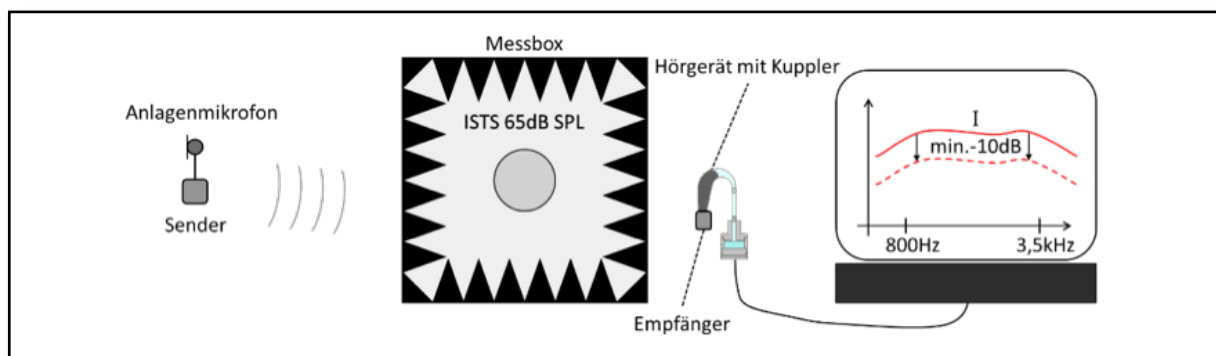


Abb. 4: Überprüfung der Messbedingungen mit leerer Messbox

**Überprüfung der Messbedingungen:** Für die Überprüfung sind das Hörgerät mit Kuppler und das Anlagenmikrofon außerhalb der Messbox zu positionieren (siehe Abb. 4). Zudem muss wie in Schritt II und Schritt III eine Verbindung zwischen dem Hörgerät und der DAÜ-Anlage bestehen. Wenn nun eine Messkurve aufgenommen wird, sollte diese im Frequenzbereich von 800 Hz bis 3,5 kHz mindestens 10 dB unterhalb der Referenzkurve aus Schritt I liegen.

## 2.2 Subjektive Überprüfung der Transparenz

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

**Vorbereitung:** Verbinden Sie die DAÜ-Anlage und nehmen alle Einstellungen entsprechend der späteren Trageeinstellung vor. Setzen Sie den Träger der Anlage 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 DAÜ-Anlagen mit Richtmikrofontechnik muss das Anlagenmikrofon in Richtung des Nutzschalllautsprechers ausgerichtet sein (siehe Anhang I - c)). Gibt es zudem unterschiedliche Einstellmöglichkeiten der Richtcharakteristik, sollte die Trageeinstellung verwendet werden.

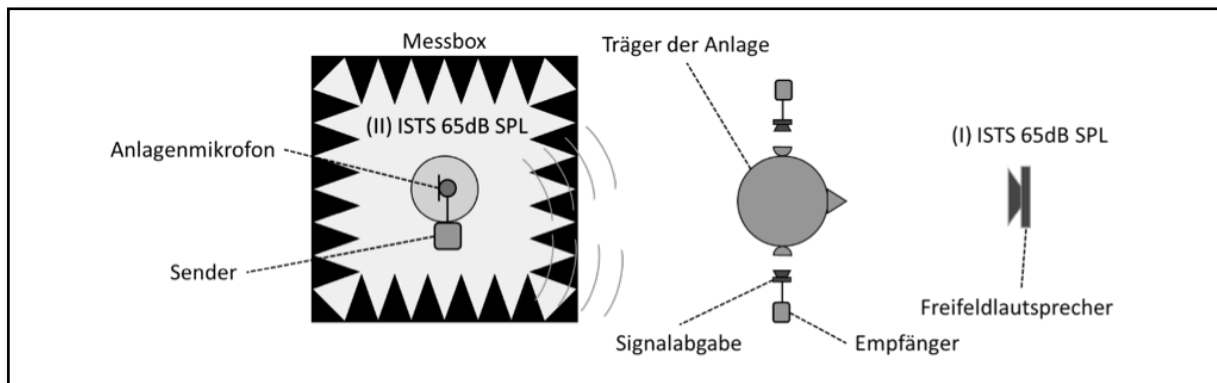


Abb. 5: Subjektive Überprüfung der Transparenz. Der Funktionsblock „Signalabgabe“ steht hier symbolisch für die Abgabe des Signals durch Hörgeräte, Cochlea-Implantate oder Empfangsanlagen für Menschen ohne Hörverlust.

**(I)** Geben Sie *nur im freien Schallfeld* ein ISTS mit 65 dB SPL wieder und fordern Sie den Träger der Anlage 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 Träger der Anlage, 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 DAÜ-Anlage an. Wiederholen Sie die Schritte (I) und (II) so lange, bis der Träger der Anlage in beiden Situationen die gleiche Lautstärke (ggf. Übertragungscharakteristik) empfindet.

### 2.3 In-situ-Überprüfung der Transparenz

Wird das drahtlos übertragene akustische Signal auch akustisch beim Empfänger abgegeben, wie bei Hörgeräten oder DAÜ-Anlagen für Menschen ohne Hörverlust, 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 Trägers der Anlage statt, sondern der Schalldruck vor dem Trommelfell wird mit und ohne DAÜ-Anlage 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 bislang nicht unterstützt.

### 3. Messtechnischer Nachweis des individuellen Nutzens

#### 3.1 Messaufbau

Für das Messverfahren wird die in Abb. 6 veranschaulichte Messanordnung verwendet, wofür folgende Komponenten notwendig sind:

- 2-kanaliges Sprachaudiometer
- 3 Lautsprecher

Dabei wird mit einem Kanal des Audiometers der Nutzschaall aus  $0^\circ$  und mit einem zweiten Kanal der Störschaall über zwei seitlich angeordnete Lautsprecher abgegeben.

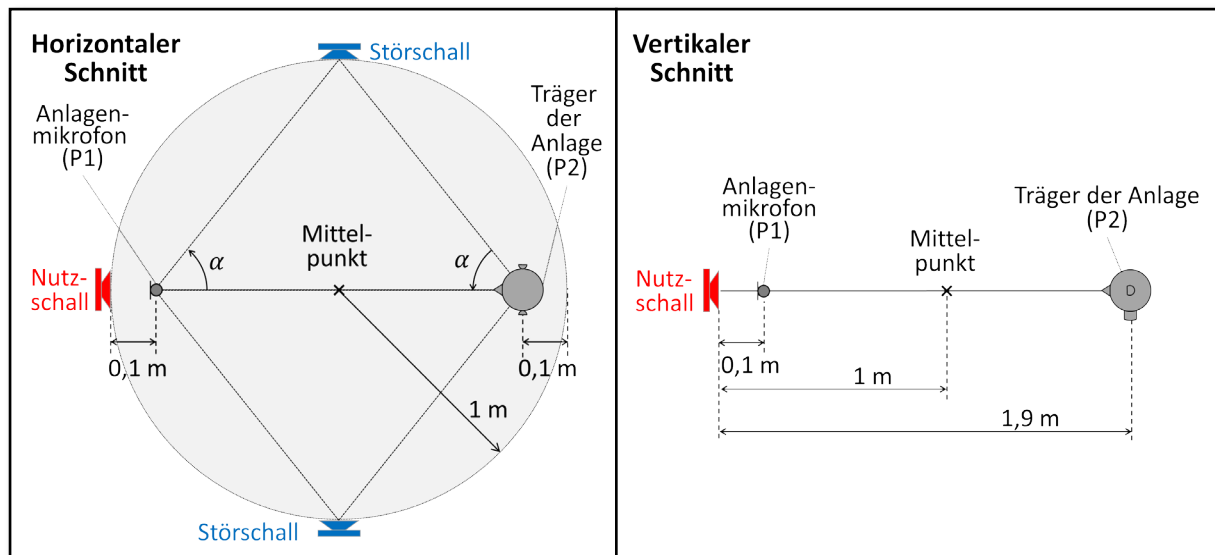


Abb. 6: Schematische Zeichnung des verwendeten Messaufbaus. Die Position des Anlagenmikrofons wird mit P1 und die des Trägers der Anlage mit P2 bezeichnet.

Die Umsetzung des Messaufbaus sollte in jedem Fall gemeinsam mit dem Audiometerhersteller geschehen. Hinweise für die Umsetzung werden in Anhang I gegeben. Dabei ist es wichtig anzumerken, dass in Abb. 6 die empfohlene Messanordnung dargestellt ist, von der in gewissen Grenzen abgewichen werden kann. In diesem Fall sind aber die unter Anhang II - d) dargestellten Randbedingungen unbedingt einzuhalten. Zudem ist in diesem Fall bei der Angabe der Messwerte (z. B. mit dem Formblatt aus Anhang IV) auf einen abweichenden Messaufbau hinzuweisen.

## 3.2 Messablauf

Um die beabsichtigten Messungen durchführen zu können, muss zunächst sichergestellt werden, dass das Anlagenmikrofon im richtigen Abstand und in der richtigen Ausrichtung zum Nutzschaallautsprecher positioniert wird. Zusätzliche Hinweise können dem Anhang II - b) entnommen werden. Bei DAÜ-Anlagen mit Richtmikrofontechnik muss das Anlagenmikrofon in Richtung des Nutzschaallautsprechers ausgerichtet sein. Gibt es zudem unterschiedliche Einstellmöglichkeiten der Richtcharakteristik, sollte die Trageeinstellung verwendet werden.

Bei der Durchführung der Messung wird das Sprachverstehen sowohl *mit* als auch *ohne* DAÜ-Anlage ermittelt. Der Messaufbau bildet eine Situation in einem typischen Vortragsraum nach, bei der sich der Zuhörer in 4 m Abstand zum Vortragenden befindet. Genauere Hintergrundinformation können dem Anhang III - a) entnommen werden. Der Vergleich bezieht sich dabei auf einen Störgeräuschpegel von 60 dB SPL und/oder 70 dB SPL. Hierfür müssen die folgenden Schritte durchgeführt werden.

### **Sprachtest ohne DAÜ-Anlage**

- Stellen Sie den Nutzschaall- bzw. Sprachpegel beim Träger der Anlage auf 58 dB SPL ein.
- Stellen Sie den Störgeräuschpegel beim Träger der Anlage und beim Anlagenmikrofon auf 60 dB SPL ein.
- 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 DAÜ-Anlage**

- Vergewissern Sie sich, dass die Lautstärke der DAÜ-Anlage richtig eingestellt ist (siehe Abschnitt 2).
- Stellen Sie den Nutzschaall- bzw. Sprachpegel beim Anlagenmikrofon abhängig vom verwendeten Mikrofontyp ein
  - 80 dB SPL bei um den Hals getragenen Mikrofonen
  - 85 dB SPL bei vor dem Mund getragenen Mikrofonen
- Stellen Sie den Störschaallpegel, wie in der vorangegangenen Messung, beim Träger der Anlage und beim Anlagenmikrofon auf 60 dB SPL.
- Führen Sie den Sprachtest wie im vorangegangenen Abschnitt durch.
- Falls bei der Messung ohne DAÜ-Anlage bei einem Störgeräuschpegel von 70 dB SPL gemessen wurde, muss die Messung mit DAÜ-Anlage auch bei 70 dB SPL wiederholt werden.

Der Nutzen/Gewinn ergibt sich aus der Differenz des Sprachverstehens *mit* und *ohne* DAÜ-Anlage für eine Vortragssituation mit geringem (60 dB SPL) und/oder mittlerem Störgeräuschpegel (70 dB SPL). Mögliche Ergebnisse werden in Anhang III - b) anhand von drei Beispielen erläutert. Des Weiteren steht in Anhang IV eine Vorlage für ein Protokoll zur Verfügung, mit dem die Durchführung der Messungen und die Ergebnisse dokumentiert werden können.

## Literatur

- [1] ASHA Ad Hoc Committee on FM Systems, *Guidelines for Fitting and Monitoring FM Systems*, 1999.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [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 Sprachverstehens für drahtlose Übertragungsanlagen. 18. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie, März 2016.

## Anhang

**Anhang I - Erläuterungen und Hinweise zur Messung der Transparenz**

**Anhang II - Hinweise zur Umsetzung des Messaufbaus zum Nachweis des individuellen Nutzens**

**Anhang III - Erläuterungen zum Prinzip des Messaufbaus zum Nachweis des individuellen Nutzens**

**Anhang IV - Protokoll für Messungen nach der EUHA-Leitlinie „Drahtlose akustische Übertragungsanlagen“**

## Anhang I - Erläuterungen und Hinweise zur Messung der Transparenz

### a) Zusammenhang zwischen 10-dB-FM-Gewinn und der Forderung nach Transparenz

Der direkte messtechnische Nachweis des 10-dB-FM-Gewinns ist aufgrund der nicht-linearen Signalverarbeitung oft nicht ohne Weiteres möglich. Eine nichtlineare Signalverarbeitung, wie z. B. die Kompression der Lautstärke, findet in der Regel sowohl bei DAÜ-Anlagen 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 [3]. Da dieses Verfahren im Praxisalltag nicht zur Verfügung steht, wird ersatzweise die Forderung nach „Transparenz“ gestellt (siehe Abschnitt 2). Hierbei wird gefordert, dass bei einem ISTS mit 65 dB am Anlagenmikrofon das gleiche Ausgangssignal wie bei einem ISTS mit 65 dB am Hörgerätmikrofon 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.

### b) Erläuterungen zur Überprüfung der Transparenz bei Hörgeräten in der Messbox

Die Überprüfung und Einstellung der Transparenz bei Hörgeräten in der Messbox besteht aus drei Teilschritten (siehe Abschnitt 2.1).

In Schritt I wird als Referenzkurve der Ausgang des Hörgerätes in Trageeinstellung ohne DAÜ-Anlage bei einem ISTS mit 65 dB SPL gemessen und festgehalten.

Bei Schritt II wird die DAÜ-Anlage 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 alleine vom Signal am Eingang der Hörgerätemikrofone 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 DAÜ-Anlage die Übertragungscharakteristik für den Eingang über die Hörgerätemikrofone verändert. Dies wird mit dieser Messung überprüft.

In Schritt III wird schließlich untersucht, ob die Übertragungscharakteristik der DAÜ-Anlage transparent gegenüber der Übertragung über die Hörgerätemikrofone eingestellt ist. Nach der Definition aus Abschnitt 2 ist dies gegeben, wenn ein 65 dB ISTS bei der Übertragung durch das Anlagenmikrofon das gleiche Ausgangssignal beim Träger der Anlage hervorruft wie bei einer Übertragung durch die Hörgerätemikrofone.

Für die Gültigkeit der aufgezeichneten Messkurven in Schritt II und Schritt III ist es wichtig, dass sich das Anlagenmikrofon und das Hörgerät mit Kuppler bei den zugehörigen Messungen jeweils an einer „ruhigen Position“ befinden. Ob eine ausreichend ruhige Position vorliegt, sollte bei jeder Durchführung überprüft werden. Dafür sind das Hörgerät mit Kuppler und das Anlagenmikrofon außerhalb der Messbox zu positionieren. Zudem muss wie in Schritt II und Schritt III eine Verbindung zwischen dem Hörgerät und der DAÜ-Anlage bestehen. Wenn unter diesen Bedingungen nun eine Messkurve aufgenommen wird, sollte diese im Frequenzbereich von 800 Hz bis 3,5 kHz mindestens 10 dB unterhalb der Referenzkurve aus Schritt I liegen. Dadurch wird sichergestellt, dass Störsignale mindestens 10 dB leiser sind als die unter Schritt II und III aufgezeichneten Messkurven und der Einfluss der Störsignale auf die Messkurven mit guter Näherung vernachlässigt werden kann.

### **c) Hinweise zur Positionierung des Anlagenmikrofons in der Messbox**

Bei DAÜ-Anlagen mit Richtmikrofontechnik muss das Anlagenmikrofon in Richtung des Lautsprechers ausgerichtet werden. Daher ist es notwendig, die Ausrichtung des Anlagenmikrofons und die Position und Ausrichtung des Lautsprechers der verwendeten Messbox genau zu kennen.

In manchen Fällen kann es aufgrund der Abmessungen des Anlagenmikrofons und der Abmessungen der Messbox vorkommen, 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 trotzdem möglich ist. Sollte das Anlagenmikrofon dennoch nicht in die Messbox passen, kann unter Umständen auch eine Messung bei geöffneter Messbox durchgeführt werden. In diesem Fall ist aber immer eine

Abprache mit dem Hersteller der Messbox notwendig. Zudem muss es auch in diesem Fall möglich sein, den Kuppler mit Hörgerät so weit vom Signallautsprecher zu entfernen, dass eine Verringerung von 10 dB erzielt wird (siehe Überprüfungsmessung in Abschnitt 2.1).

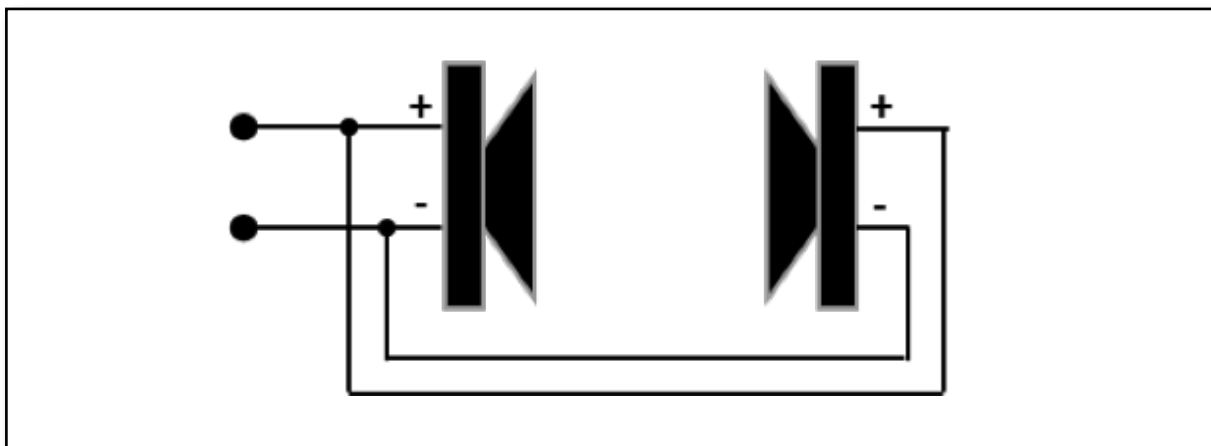


## Anhang II - Hinweise zur Umsetzung des Messaufbaus zum Nachweis des individuellen Nutzens

Die im Nachfolgenden beschriebenen Hinweise sollen Hilfestellungen bei der Umsetzung des Messaufbaus zum Nachweis des individuellen Nutzens geben. Dabei sollte die Umsetzung des Messaufbaus in jedem Fall gemeinsam mit dem Audiometerhersteller geschehen.

### a) Störsignal mit einem Kanal des Audiometers über zwei Lautsprecher wiedergeben

Um das Störsignal mit einem Kanal des Audiometers auf zwei Lautsprecher auszugeben, können die beiden Lautsprecher parallel verschaltet werden. Dies ist aber nur dann möglich, wenn die Endstufe des Audiometers eine Parallelschaltung zulässt (siehe auch [4]).

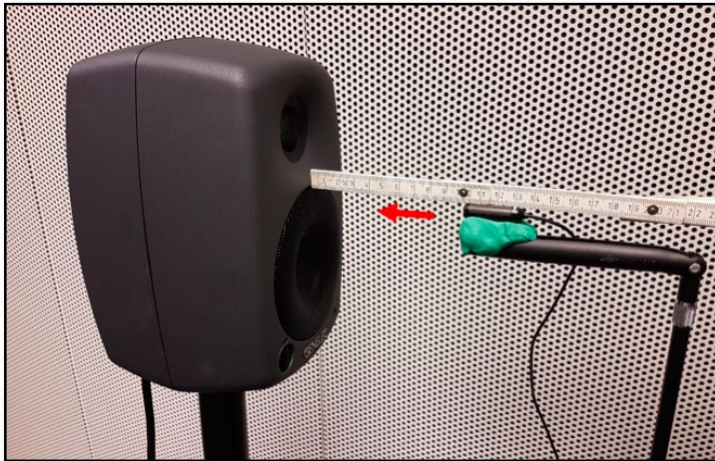


Anhang II - Abb. 1: Veranschaulichung einer parallelen Verschaltung von zwei Lautsprechern

Falls die Endstufe des Audiometers keine Parallelschaltung zulässt, besteht eine weitere Möglichkeit darin, zwei aktive Lautsprecher für die Wiedergabe des Störgeräusches zu verwenden.

### b) Positionierung des Anlagenmikrofons

Als universelle Halterung für die Positionierung des Anlagenmikrofons eignet sich beispielsweise ein Mikrofonständer, an dem das Anlagenmikrofon mittels Typengummi (Typenreiniger) befestigt wird (siehe Anhang II - Abb. 2). Dabei muss sichergestellt werden, dass das Anlagenmikrofon im richtigen Abstand und in der richtigen Ausrichtung zum Nutzschaalllautsprecher positioniert wird. Bei DAÜ-Anlagen mit Richtmikrofontechnik muss das Anlagenmikrofon in Richtung des Nutzschaalllautsprechers ausgerichtet sein. Gibt es zudem unterschiedliche Einstellmöglichkeiten der Richtcharakteristik, sollte die Trageeinstellung verwendet werden.



Anhang II - Abb. 2: Möglichkeit, das Anlagenmikrofon in 10 cm zum Lautsprecher mit Hilfe eines Mikrofonständers und Typenreiniger zu positionieren

### c) Einstellung der Schalldruckpegel mit Hilfe von Korrekturwerten

Bei den beabsichtigten Messungen muss der Nutzschaall einmal an der Position des Anlagenmikrofons (P1) und einmal an der Position des Trägers der Anlage (P2) genau eingestellt werden (siehe Abb. 6). Zudem muss bei den Messungen auch der Störschaall an den Positionen P1 und P2 genau eingestellt werden. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung der im Nachfolgenden beschriebenen Korrekturwerte realisiert werden. Für eine allgemeine Betrachtung soll der an den Nutzschaalllautsprechern angeschlossene Kanal des Audiometers als „Kanal A“ und der an die Störschaalllautsprecher angeschlossene Kanal als „Kanal B“ bezeichnet werden (siehe Anhang II - Tab. 1).

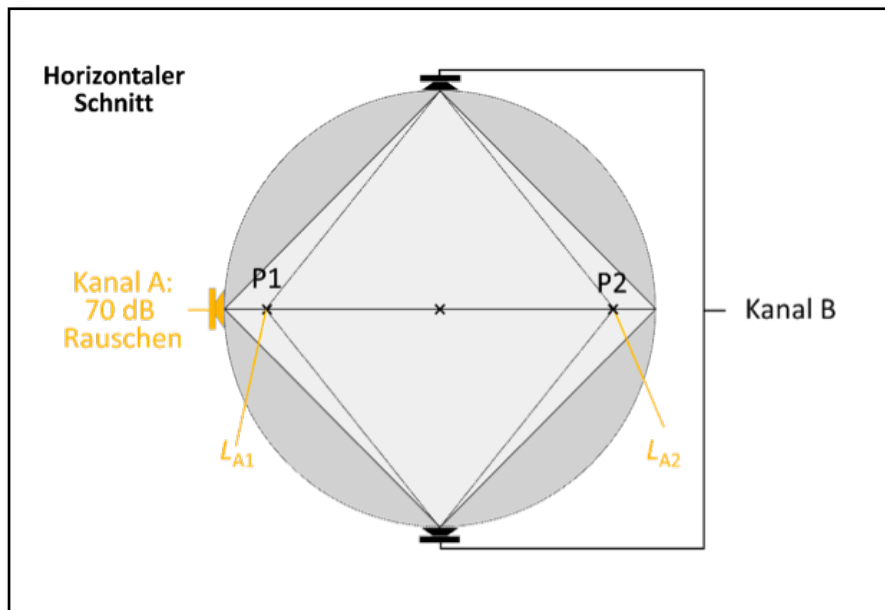
	Position P1	Position P2
Nutzschaalllautsprecher (Kanal A)	$K_{A1}$	$K_{A2}$
Störschaalllautsprecher (Kanal B)		$K_B$

Anhang II - Tab. 1: Übersicht über die zu ermittelnden Korrekturwerte

Die Korrekturwerte geben dabei an, um wie viel der am Audiometer für den gewünschten Kanal einzustellende Wert geändert werden muss, damit an der gewünschten Position der beabsichtigte Schalldruckpegel vorherrscht. Möchte man beispielsweise an der Position des Trägers der Anlage mit dem Nutzschaalllautsprecher einen Pegel von 58 dB erzeugen, müsste am Audiometer an Kanal A ein Pegel von 58 dB +  $K_{A2}$  eingestellt werden.

Die Bestimmung der Korrekturwerte  $K_{A1}$  und  $K_{A2}$  kann z. B. folgendermaßen durchgeführt werden.

- Geben Sie über den Kanal A am Nutzschaalllautsprecher ein Kalibrierrauschen mit einem Schalldruckpegel von 70 dB SPL aus.
- Messen Sie den Schalldruckpegel  $L_{A1}$  an der Position P1 und  $L_{A2}$  an der Position P2.
- Die Korrekturwerte lassen sich wie folgt berechnen:
  - $K_{A1} = 70 \text{ dB} - L_{A1}$ ,
  - $K_{A2} = 70 \text{ dB} - L_{A2}$ ,

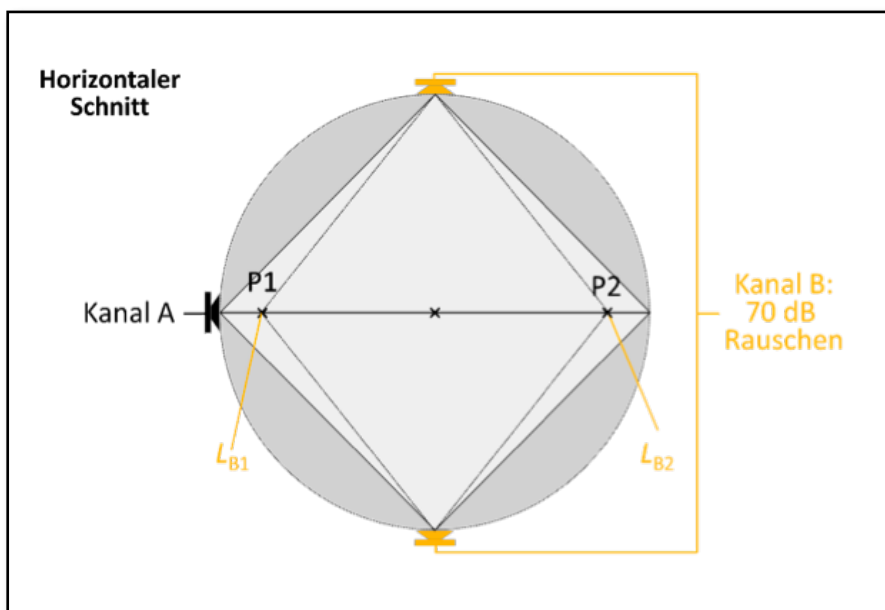


Anhang II - Abb. 3:  
Darstellung des einzustellenden Schalldruckpegels zur Bestimmung der Korrekturwerte  $K_{A1}$  und  $K_{A2}$

In ähnlicher Weise kann die Bestimmung des Korrekturwerts  $K_B$  geschehen.

- Geben Sie über den Kanal B an den Störschalllautsprechern ein Kalibrierrauschen mit einem Schalldruckpegel von 70 dB SPL aus.
- Messen Sie den Schalldruckpegel  $L_{B1}$  an der Position P1 und  $L_{B2}$  an der Position P2. Die beiden Werte sollten sich um nicht mehr als 2 dB unterscheiden.
- Der Korrekturwert lässt sich dann wie folgt berechnen:

$$\square K_B = 70 \text{ dB} - \frac{1}{2} L_{B1} - \frac{1}{2} L_{B2}.$$



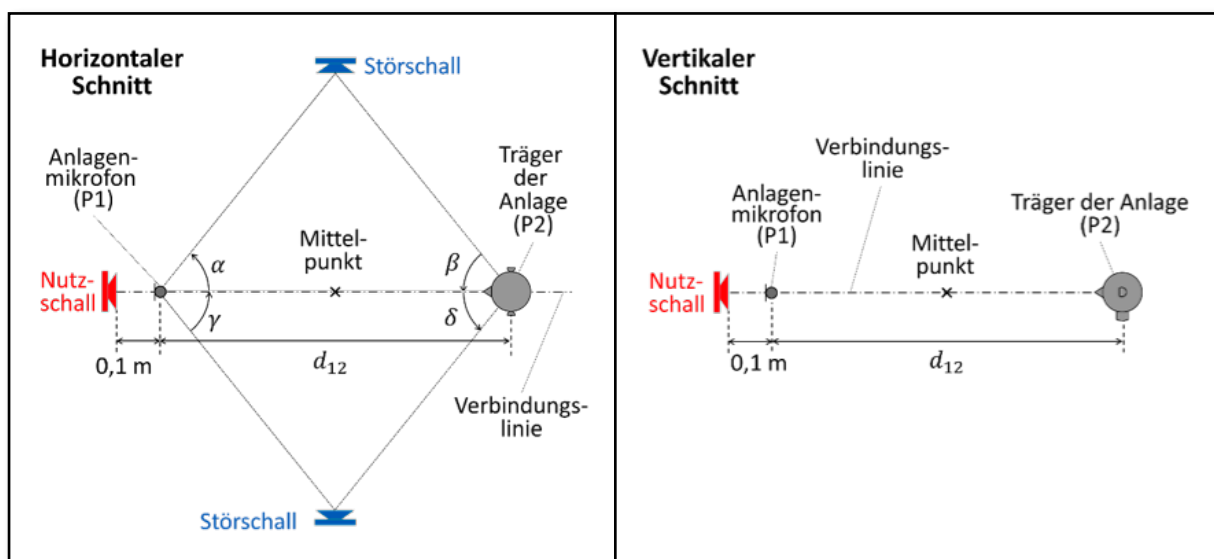
Anhang II - Abb. 4:  
Darstellung des einzustellenden Schalldruckpegels zur Bestimmung des Korrekturwerts  $K_B$

### d) Adaption des Messaufbaus

Wenn in der Praxis eine Realisierung des Messaufbaus aus Abschnitt 3.1 nicht möglich ist, kann in gewissen Grenzen von dem Messaufbau abgewichen werden. Dabei sind aber folgende Randbedingungen unbedingt einzuhalten:

- Die Schalldruckpegel der vom Nutzschaalllautsprecher und vom Störschaalllautsprecher erzeugten Schallsignale am linken und rechten Ohr des Trägers der Anlage dürfen sich um nicht mehr als 2 dB unterscheiden
- Der Störschallpegel an der Position des Anlagenmikrofons (P1) darf um nicht mehr als 2 dB vom Störschallpegel an der Position des Trägers der Anlage (P2) abweichen.
- Der Nutzschaalllautsprecher, das Anlagenmikrofon und der Kopf des Trägers der Anlage müssen durch eine gerade Linie miteinander verbunden werden können (siehe Verbindungslinie in Anhang II - Abb. 5).
- An der Position des Anlagenmikrofons und an der Position des Trägers der Anlage muss der Störschall relativ zu der vorher beschriebenen Verbindungslinie in einem Winkel von  $30^\circ$  bis  $60^\circ$  einfallen (siehe beispielsweise  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  und  $\delta$  in Anhang II - Abb. 5).
- Der Abstand zwischen dem Anlagenmikrofon und dem Kopf des Trägers der Anlage muss im Bereich von 1,4 m bis 2,2 m liegen (siehe  $d_{12}$  in Anhang II - Abb. 5).
- Wenn mit dem Nutzschaalllautsprecher 85 dB an der Position des Anlagenmikrofons (P1) ausgegeben werden, muss gleichzeitig der Pegel an der Position des Probanden (P2)  $\leq 65$  dB sein.

Kann diese Forderung nicht erfüllt werden, können keine vor dem Mund getragenen Anlagenmikrofone mit dem Messaufbau untersucht werden. In diesem Fall kann alternativ geprüft werden, ob der Pegel an der Position des Probanden (P2)  $\leq 65$  dB ist,

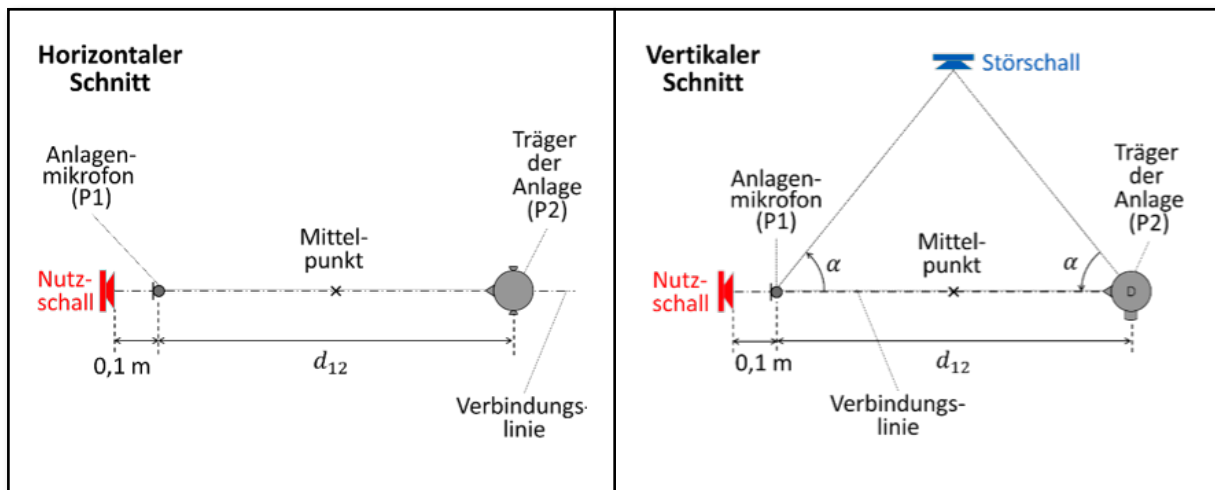


Anhang II - Abb. 5: Schematische Zeichnung des Messaufbaus bei Abweichungen von der empfohlenen Geometrie

wenn mit dem Nutzschalllautsprecher 80 dB an der Position des Anlagenmikrofons (P1) ausgegeben werden. In diesem Fall kann der Messaufbau zumindest für die Untersuchung von um den Hals getragenen Anlagenmikrofonen genutzt werden.

Im Rahmen der beschriebenen Randbedingungen sind verschiedene Adaptionen des Messaufbaus denkbar. Eine für die Praxis relevante Adaption ist die Anpassung des Abstandes zwischen dem Anlagenmikrofon und dem Kopf des Trägers der Anlage. Dadurch kann der bei der empfohlenen Messanordnung aus Abschnitt 3.1 gewählte Abstand zum Mittelpunkt von 1 m in einem Bereich von 0,8 m bis 1,2 m geändert werden.

Eine andere relevante Adaption ergibt sich beim Vorhandensein eines Deckenlautsprechers. In diesem Fall kann unter Einhaltung der vorher definierten Randbedingungen das Störsignal mit nur einem Lautsprecher wiedergegeben werden. Eine beispielhafte Realisierung ist in Anhang II - Abb. 6 dargestellt.



Anhang II - Abb. 6: Schematische Zeichnung des Messaufbaus bei Verwendung eines Deckenlautsprechers

## Anhang III - Erläuterungen zum Prinzip des Messaufbaus zum Nachweis des individuellen Nutzens

### a) Verwendete Pegelwerte

Bei der Messung **ohne** DAÜ-Anlage entsprechen die geforderten 58 dB SPL an der Position des Trägers der Anlage der Sprachlautstärke, die von einem normal laut sprechenden Vortragenden in 4 m Entfernung in einem typischen Vortragsraum beim Zuhörer hervorgerufen wird. Als Grundlage wird angenommen, dass der Sprachpegel eines normal lauten Sprechers im Freifeld in 1 m Abstand 65 dB SPL beträgt. Die Abnahme des Schalldruckpegels in geschlossenen Räumen wird hierbei durch die Hopkins-Stryker-Formel angenähert. Für genauere Informationen siehe [5].

Bei der Messung **mit** DAÜ-Anlage ist der Schalldruckpegel am Anlagenmikrofon entscheidend. Dieser Pegel unterscheidet sich bei um den Hals und vor dem Mund getragenen Anlagenmikrofonen aufgrund des unterschiedlichen Abstandes zum Mund des Sprechers. Für um den Hals getragene Mikrofone wird ein Schalldruckpegel von 80 dB und für vor dem Mund getragene Mikrofone ein Pegel von 85 dB festgelegt.

Bei der Messung mit DAÜ-Anlage ist es zudem wichtig anzumerken, dass das Sprachsignal auch auf direktem Wege ohne DAÜ-Anlage beim Träger der Anlage ankommt. Bei der richtigen Einstellung der Übertragungscharakteristik der DAÜ-Anlage entsprechend Abschnitt 2 ist dieser Anteil aber so leise, dass dessen Einfluss vernachlässigt werden kann.

### b) Beispieldaten

Nachfolgend sollen mögliche Ergebnisse anhand von drei Beispielen entsprechend der nachfolgenden Tabelle veranschaulicht werden.

a)	ohne	mit	b)	ohne	mit	c)	ohne	DAÜA1	DAÜA2
60 dB	20 %	90 %	60 dB	80 %	90 %	60 dB	20 %	95 %	95 %
70 dB	-	-	70 dB	10 %	85 %	70 dB	0 %	90 %	70 %

*Anhang III - Tab. 1: Beispielergebnisse für den individuellen Nutzen von DAÜ-Anlagen. 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 DAÜ-Anlage. Bei Beispiel c) beinhaltet die Spalte „DAÜA1“ die Ergebnisse mit der DAÜ-Anlage 1 und die Spalte „DAÜA2“ die Ergebnisse mit der DAÜ-Anlage 2.*

In Fall a) versteht der Träger der Anlage bei der Messung ohne DAÜ-Anlage und einem Störgeräusch von 60 dB SPL weniger als 50 %. Dadurch wird die Messung mit DAÜ-Anlage nur bei 60 dB SPL Störgeräuschpegel durchgeführt. Der Gewinn bzw. die Verbesserung des Sprachverstehens beträgt in diesem Fall schon bei geringem Störgeräuschpegel 70 %.

In Fall b) versteht der Träger der Anlage bei der Messung ohne DAÜ-Anlage und einem Störgeräuschpegel von 60 dB mehr als 50 %. Deswegen wird diese Messung bei einem

Störgeräuschpegel von 70 dB SPL wiederholt. Die Messung mit DAÜ-Anlage 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 Beispiel entsprechend Fall c) zeigt, wie mit dem Messverfahren verschiedene DAÜ-Anlagen miteinander verglichen werden können. Bei geringem Störgeräuschpegel kann es vorkommen, dass Unterschiede zwischen DAÜ-Anlagen 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 DAÜ-Anlage 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.

## Anhang IV - Protokoll für Messungen nach der EUHA-Leitlinie „Drahtlose akustische Übertragungsanlagen“

Träger der Anlage: \_\_\_\_\_

Prüfer: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

DAÜ-Anlage 1 (DAÜA1): \_\_\_\_\_

DAÜ-Anlage 2 (DAÜA2): \_\_\_\_\_

DAÜ-Anlage 3 (DAÜA3): \_\_\_\_\_

### 1) Überprüfung der Transparenz

Die Transparenz der DAÜ-Anlage wurde anhand des/der folgenden Verfahren eingestellt und überprüft:

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

### 2) Verwendeter Messaufbau

Für den messtechnischen Nachweis des individuellen Nutzens wurde folgende Messanordnung verwendet:

- Es wurde die in der Leitlinie in Abschnitt 3.1 empfohlene Anordnung verwendet.
- Es wurde eine Adaption der empfohlenen Anordnung vorgenommen. Dabei wurden alle in Anhang II – d) der Leitlinie definierten Randbedingungen eingehalten. Folgende wesentliche Adaptionen wurden vorgenommen:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 3) Messtechnischer Nachweis des individuellen Nutzens

(vgl. Abschnitt 3.2 der Leitlinie)

	ohne	DAÜA1	DAÜA2	DAÜA3
60 dB				
70 dB				