

DIN EN 17479

ICS 13.340.20

Einsprüche bis 2020-03-17

Entwurf**Gehörschützer –
Leitfaden zur Auswahl von Prüfverfahren für den individuellen Sitz;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17479:2020**

Hearing protectors –
Guidance on selection of individual fit testing methods;
German and English version prEN 17479:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-01-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nps@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung (NPS), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 90 Seiten

DIN-Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung (NPS)
DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17479:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 159 „Gehörschützer“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 075-02-01 AA „Gehörschutz“ im DIN-Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung (NPS) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 5725-1:1994 siehe DIN ISO 5725-1:1997-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 5725-1:1997-11, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Begriffe (ISO 5725-1:1994)*

Gehörschützer — Leitfaden zur Auswahl von Prüfverfahren für den individuellen Sitz

Hearing protectors — Guidance on selection of individual fit testing methods

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Methoden zur Prüfung der Anpassung.....	8
4.1 Allgemeines.....	8
4.2 Prüfverfahren.....	9
4.3 Referenzverfahren für die Messung der Schalldämmung von Gehörschützern	10
4.4 Verschiedene Verfahren zur Prüfung der Qualität der Anpassung von Gehörschützern.....	10
4.4.1 Schallpegelmessungen mit Mikrofonen in menschlichen Ohren (MIRE, en: microphone in real ear)	10
4.4.2 Audiometrisches Verfahren (Bestimmung der Hörschwelle mit und ohne Gehörschützer)	11
4.4.3 Audiometrie-ähnliches Verfahren (Bestimmung einer Hörschwelle mit und ohne Gehörschützer)	13
4.4.4 Lautstärkevergleichsverfahren.....	14
4.4.5 Akustische Leckageprüfung.....	15
4.4.6 Druckprüfung.....	15
4.4.7 Zusammenfassung der unterschiedlichen Prüfverfahren.....	16
5 Prüfverfahren für die Methoden zur Prüfung der Anpassung.....	18
5.1 Allgemeines.....	18
5.2 Schallpegelmessungen mit Mikrofonen in menschlichen Ohren (MIRE).....	18
5.2.1 Durch ein Headset erzeugtes Schallfeld (Verfahren 1a)	18
5.2.2 Durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld (Verfahren 1b).....	19
5.3 Audiometrisches Verfahren.....	20
5.3.1 Durch ein Headset erzeugtes Schallfeld (Verfahren 2a)	20
5.3.2 Durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld (Verfahren 2b).....	22
5.4 Audiometrie-ähnliches Verfahren.....	23
5.4.1 Durch ein Headset erzeugtes Schallfeld (Verfahren 3a)	23
5.4.2 Durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld (Verfahren 3b).....	24
5.5 Lautstärkevergleich	24
5.6 Akustische Leckageprüfung.....	25
5.7 Druckprüfung	26
6 Bewertungskriterien.....	27
6.1 Anwendungsbereich der verschiedenen Verfahren	27
6.1.1 Allgemeines.....	27
6.1.2 Auswahl eines geeigneten Gehörschützers	29
6.1.3 Endanwenderschulung.....	29
6.1.4 Schulung für Schulungsleiter und Vorgesetzte.....	29
6.1.5 Gesundheitsüberwachung.....	29
6.1.6 Verifizierung der Angemessenheit der Schalldämmung des Geräuschpegels am Arbeitsplatz.....	29
6.1.7 Funktionskontrolle für Gehörschutz-Otoplastiken	30
6.1.8 Erhöhung des Bewusstseins	30

6.2	Auswahl nach Anwenderfreundlichkeit	30
6.3	Individuelle Versorgung von Mitarbeitern mit Hörminderung	32
6.4	Anwendbarkeit der Verfahren für die verschiedenen Arten von Gehörschützern	32
7	Häufigkeit der Prüfung der Anpassung	34
8	Unsicherheit	34
8.1	Allgemeine Faktoren für die Unsicherheit der Prüfung der Anpassung	34
8.2	Spezielle Faktoren bezüglich der Unsicherheit für die verschiedenen Methoden zur Prüfung der Anpassung	35
8.2.1	MIRE-Verfahren	35
8.2.2	Audiometrische Verfahren	36
8.2.3	Audiometrie-ähnliche Verfahren	36
8.2.4	Lautstärkevergleich	36
8.2.5	Akustische Leckageprüfung	37
8.2.6	Druckprüfung	37
8.3	Quantitativer Ansatz	37
8.3.1	MIRE-Verfahren	37
8.3.2	Audiometrische Systeme	37
8.3.3	Audiometrie-ähnliche Systeme	38
8.3.4	Lautstärkevergleich	38
8.3.5	Akustische Leckageprüfung	38
8.3.6	Druckprüfung	38
9	Prüfbericht	38
	Anhang A (informativ) Vergleich mit Sollwerten	40
A.1	Allgemeines	40
A.2	Schalldämmwerte aus der Baumusterprüfung	40
A.2.1	Allgemeines	40
A.2.2	Oktavbandwerte	40
A.2.3	HML- und SNR-Werte	41
A.3	Restschallpegel am Ohr	42
	Anhang B (informativ) Beispiel für ein Protokoll zur Bestimmung der Messunsicherheit	44
	Literaturhinweise	45

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17479:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 159 „Gehörschützer“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Die Notwendigkeit der Verwendung von Gehörschützern ist heutzutage offensichtlich. Ein geeigneter Gehörschutz wird anhand verschiedener Auswahlkriterien wie erforderliche Schalldämmung, Komfort, Arbeitsplatzumgebung und möglicher Kommunikationsbedarf, Hörbarkeit wichtiger Geräusche usw. ausgewählt. Verweise auf verschiedene Auswahlkriterien für die Auswahl von Gehörschützern sind in EN 458:2016 „Gehörschützer — Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung — Leitfaden“ enthalten.

Da bei diesem Auswahlprozess eine angemessene Schalldämmung im Mittelpunkt stehen sollte, sollte diese in zwei Schritten mit dem Bedarf des Anwenders verglichen werden. Zunächst sollte ein geeigneter Gehörschutz auf Grundlage der Schalldämmwerte aus der REAT-Prüfung nach EN 352, wie vom Hersteller angegeben, ausgewählt werden. Zweitens sollte mit Hilfe von Methoden zur Prüfung der Anpassung die individuellen Schutzwirkung des Gehörschützers bewertet werden. Insbesondere, da kein Ohr dem anderen gleicht, kann ein Gehörschützer, der dem einen Ohr einen gewissen Schutz bietet, dem anderen einen nicht angemessenen Schutz bieten. Die Dämmung des Gehörschützers wird durch die mittleren Dämmwerte aus der REAT-Prüfung annähernd maximiert, aber die tatsächliche Dämmung wird dadurch bestimmt, wie gut der Gehörschützer sich dem Ohr anpasst (akustische Dichtung, Einstecktiefe usw.). Daher ist es sehr wichtig, dass die akustische Dichtung überprüft wird. Darüber hinaus kann die tatsächliche Dämmung geschätzt und mit der erforderlichen Schalldämmung verglichen werden. Obwohl eine Prüfung vor Ort und beim Endanwender möglich ist, kann die mangelnde Präzision der Methoden zur Prüfung der Anpassung keinen Ersatz für die Auswahl darstellen, jedoch stellen diese Verfahren eine notwendige Ergänzung zu dieser Auswahl dar. Daher wird davon ausgegangen, dass der Vergleich mit den Auswahldaten in dieser unzureichenden Präzision berücksichtigt wird. Wenn nach sorgfältiger Einhaltung der Herstellerangaben keine akzeptable Anpassung erreicht werden kann, d. h. wenn der Vergleich nicht zufriedenstellend ist, sollte der Anwender eine andere Größe dieser Art von Gehörschützer in Betracht ziehen oder eine geeignete Alternative wählen.

Die Prüfung der Anpassung kann auch dazu verwendet werden, das Bewusstsein des Anwenders für die Bedeutung einer korrekten Anpassung zu erhöhen. Sie hilft dem Anwender, das richtige Maß an Schutz vor der Gefährdung durch Lärm und der Arbeitsumgebung zu erreichen. Sie kann auch Teil von Schulungen für Sicherheitsingenieure, Gesundheitsspezialisten und Aufsichtspersonen sein, um ein gutes Verständnis für die Bedeutung einer korrekten Anpassung zu vermitteln. Zudem kann sie eine nützliche Schulungshilfe für den Anwender sein.

Dieses Dokument enthält einen Leitfaden für die geeignete Auswahl von Methoden und Messungen zur Prüfung der Anpassung und enthält praktische Hinweise zu Methoden zur Prüfung der Anpassung sowie deren Anwendungen und Einschränkungen. Die Unsicherheit von Methoden zur Prüfung der Anpassung gehört zu diesen Einschränkungen, die berücksichtigt werden sollten. Es besteht die Unsicherheit, die mit der Funktionsweise des Systems zur Prüfung der Anpassung einhergeht. Darüber hinaus ist die Wiederholpräzision der Messung durch unterschiedliche Positionierung des Gehörschützers gegeben, was zu einer Erhöhung der Unsicherheit des Gesamtsystems führt.

Dieses Dokument legt nicht die technischen Anforderungen an die Herstellung von Geräten zur Prüfung der Anpassung fest, da diese nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments fallen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält einen Leitfaden für die geeignete Auswahl von Methoden zur Prüfung der Anpassung und -messungen und enthält praktische Hinweise zu Methoden zur Prüfung der Anpassung sowie deren Anwendungen und Einschränkungen.

Dieses Dokument legt nicht die technischen Anforderungen für die Herstellung von Geräten zur Prüfung der Anpassung fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN ISO 4869-1:2018, *Akustik — Gehörschützer — Teil 1: Subjektives Verfahren zur Messung der Schalldämmung (ISO 4869-1:2018)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1 Prüfung der Anpassung

<Gehörschützer> Verfahren zur Überprüfung der individuellen Schutzeigenschaften eines Gehörschützers

Anmerkung 1 zum Begriff: Individuelle Schutzeigenschaften können durch den Einsatz verschiedener Messverfahren bewertet werden.

3.2 Wiederholpräzision

Genauigkeit der gegenseitigen Annäherung zwischen Ergebnissen aufeinander folgender Messungen derselben Prüfgegenstände, ausgeführt unter denselben Messbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Bedingungen werden als Wiederholbedingungen bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zu den Bedingungen für die Wiederholpräzision gehören:

- dasselbe Messverfahren;
- derselbe Beobachter;
- dasselbe Messinstrument, verwendet unter denselben Messbedingungen;
- derselbe Standort;
- Wiederholung innerhalb eines kurzen Zeitraums.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Wiederholpräzision kann quantitativ durch Streuungskennwerte der Ergebnisse angegeben werden.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, B.2.15, geändert]

3.3

Vergleichpräzision

Genauigkeit der gegenseitigen Annäherung zwischen Ergebnissen von Messungen derselben Prüfgegenstände, ausgeführt unter geänderten Messbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine gültige Aussage zur Vergleichpräzision erfordert die Angabe der geänderten Bedingungen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zu den geänderten Bedingungen können folgende gehören:

- Messprinzip;
- Messverfahren;
- Beobachter;
- Messgerät;
- Bezugsnorm;
- Lage;
- Vorhandensein geeigneter Einrichtungen (z. B. schalldichte Kabine);
- Bedingungen für den Einsatz;
- Dauer.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Vergleichpräzision kann quantitativ durch Streuungskennwerte der Ergebnisse angegeben werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Unter Ergebnissen versteht man hier in der Regel korrigierte Ergebnisse.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, B.2.16, geändert]

3.4

persönlicher Schalldämmwert

PAR (en: Personal Attenuation Rating)

individuelle Schalldämmung, angegeben als Einzelwert in dB, den ein Anwender für die Anpassung des geprüften Gehörschützers erhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Der PAR-Wert kann entweder ein kombinierter (binauraler) Links-rechts-Ohrwert sein oder ein separater Links-rechts-Ohrwert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Berechnungsverfahren ist nicht genormt und wird vom Hersteller für eine bestimmte Methode zur Prüfung der Anpassung festgelegt.

3.5

REAT-Verfahren

(en: Real-Ear Attenuation at Threshold)

Prüfverfahren zur Bestimmung der Schalldämmung eines Gehörschützers

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messung der Schalldämmung ist in EN ISO 4869-1 beschrieben.

3.6

Hörschwelle

niedrigster Schalldruckpegel, bei dem eine Person unter festgelegten Bedingungen und in wiederholten Versuchen einen zuvor festgelegten Prozentsatz richtiger Antworten in Bezug auf die Wahrnehmung gibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieses Dokuments wird die Hörschwelle mit (verschlossene Hörschwelle) und ohne (offene Hörschwelle) Gehörschützer gemessen.

[QUELLE: EN ISO 4869-1:2018, 3.7, geändert: „(verschlossene Hörschwelle)“ und „(offene Hörschwelle)“ in Anmerkung 1 zum Begriff ergänzt. Letzter Satz von Anmerkung 1 zum Begriff von EN ISO 4869-1:2018, 3.7 gelöscht.]

3.7

stellvertretender Gehörschützer

vom Hersteller des Systems zur Prüfung der Anpassung modifizierter Gehörschützer, der bei Verwendung im System zur Prüfung der Anpassung nachgewiesen hat, dass er eine Schalldämmung erreicht, die derjenigen der Standardgehörschützer entspricht, anstelle derer er verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu den stellvertretenden Gehörschützern gehören stellvertretende Prüfmuster, stellvertretende Gehörschutzstöpsel und stellvertretende Kapselgehörschützer.

4 Methoden zur Prüfung der Anpassung

4.1 Allgemeines

Die Methoden zur Prüfung der Anpassung können auf drei unterschiedliche Arten kategorisiert werden:

- mechanische oder akustische Prüfungen nach dem physikalischen Prinzip;
- subjektive Prüfungen (Schallerkennung an der Hörschwelle oder Lautstärkevergleich) oder objektive (Mess-)Prüfungen;
- Prüfungen nur für ein bestimmtes Produkt oder für eine Reihe verschiedener Gehörschützer.

Jedes Prüfverfahren hat ein anderes Bestanden-/Nicht-bestanden-Kriterium. Für weitere Informationen den Hersteller kontaktieren.

In diesem Dokument umfasst der Begriff „Zeitrahmen“ Folgendes:

- Anpassen des Gehörschützers an den Anwender;
- Anpassen der entsprechenden Prüfeinrichtungen;
- Messung an beiden Ohren;
- Datenanalyse.

ANMERKUNG Die Ersteinrichtung der Prüfeinrichtung ist nicht enthalten.

4.2 Prüfverfahren

Zu den derzeit verfügbaren Prüfungen gehören:

Verfahren 1: Schallpegelmessungen mit Mikrofonen in menschlichen Ohren (MIRE)

Bei diesem akustischen Prüfverfahren wird ein Schallfeld erzeugt. Mit zwei Mikrofonen werden die Schalldruckpegel außerhalb des Gehörschützers und hinter oder unter dem Gehörschützer gemessen, meist simultan. Nach einigen Korrekturen kann aus diesen Werten die Schalldämmung berechnet werden.

- Verfahren 1a: durch ein Headset erzeugtes Schallfeld
- Verfahren 1b: durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld

Verfahren 2: Audiometrisches Verfahren (Bestimmung der Hörschwelle mit und ohne Gehörschützer)

Dabei handelt es sich um ein akustisches Prüfverfahren. Die Hörschwellen mit und ohne Gehörschützer werden in einer subjektiven Messung ermittelt. Die Differenz der beiden gemessenen Hörschwellen ist die Schalldämpfung.

- Verfahren 2a: durch ein Headset erzeugtes Schallfeld
- Verfahren 2b: durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld

Verfahren 3: Audiometrie-ähnliches Verfahren (Bestimmung einer Hörschwelle mit und ohne Gehörschützer)

Dabei handelt es sich um ein akustisches Prüfverfahren. Die Hörschwellen mit und ohne Gehörschützer werden in einer subjektiven Messung ermittelt. Das Funktionsprinzip ähnelt dem von Verfahren 2, jedoch wird anstelle eines Audiometers ein speziell für die Prüfung der Anpassung entwickeltes Gerät verwendet.

- Verfahren 3a: durch ein Headset erzeugtes Schallfeld
- Verfahren 3b: durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld

ANMERKUNG Die festgelegten Schwellenwerte sind nicht die audiometrischen Hörschwellen.

Verfahren 4: Lautstärkevergleichsverfahren

Hierbei handelt es sich um ein akustisches Prüfverfahren. Die Versuchsperson gleicht die Lautstärke zwischen den beiden Ohren mit einem oder zwei Gehörschutzstöpseln und ohne Gehörschutzstöpsel in einer subjektiven Messung aus.

Verfahren 5: Akustische Leckageprüfung

Dabei handelt es sich um ein akustisches Prüfverfahren. Ein Schalldruckpegel wird sowohl von einem Lautsprecher als auch von einem Mikrofon direkt im Gehörschutzstöpsel im Gehörgang erzeugt und gemessen. Die Frequenzkennlinie des Tons im Gehörgang enthält objektive Informationen über die Anpassung des Gehörschutzstöpsels.

Verfahren 6: Druckprüfung

Hierbei handelt es sich um ein nicht-akustisches Prüfverfahren, das auf einer Luftdruckmessung basiert. Die Undichtigkeit eines individuell geformten Gehörschutzstöpsels im Gehörgang wird objektiv durch den Rückgang eines geringen Überdrucks hinter dem Gehörschutzstöpsel oder durch Messung des maximal erreichbaren Überdrucks bei einem bestimmten maximalen Druck der Pumpe bestimmt.

4.3 Referenzverfahren für die Messung der Schalldämmung von Gehörschützern

Das Referenzverfahren zur Bestimmung der Schalldämmung von Gehörschützern ist das so genannte REAT-Verfahren („Real Ear Attenuation at Threshold“) nach EN ISO 4869-1:2018. Es wird auch in der Baumusterprüfung nach EN 352-1, EN 352-2 und EN 352-3 verwendet. Hier wird die Hörschwelle der Versuchsperson in einem diffusen Schallfeld zweimal gemessen: einmal mit und einmal ohne Gehörschützer. Die Messung erfolgt mit Terzbandrauschen auf den Terzband-Mittenfrequenzen zwischen 125 Hz (optional 63 Hz) und 8 000 Hz. Die Hörschwelle wird in der Regel durch ein Bracketing-Verfahren (z. B. durch das Békésy-Verfahren) bestimmt. Das REAT-Verfahren liefert Informationen über eine Stichprobe von 16 Versuchspersonen (Mittelwert, Standardabweichung) und erfordert nach den Vorgaben der Norm sehr niedrige Umgebungsgeräusche und ein diffuses Schallfeld.

ANMERKUNG Die nach den in 4.2 beschriebenen Verfahren ermittelte Schalldämmung unterscheidet sich im Allgemeinen von den in den Laboruntersuchungen ermittelten Werten. Diese Zahlen sind die Mittelwerte subjektiver, binauraler Prüfungen an der Hörschwelle. Für jedes Produkt ist es erforderlich, Grenzwerte für die Schalldämmung aus der individuellen Prüfung der Anpassung zu definieren, die mit den Labordaten übereinstimmen.

4.4 Verschiedene Verfahren zur Prüfung der Qualität der Anpassung von Gehörschützern

4.4.1 Schallpegelmessungen mit Mikrofonen in menschlichen Ohren (MIRE, en: microphone in real ear)

4.4.1.1 Allgemeines

Das MIRE-Verfahren umfasst die Messung von Schalldruckpegeln innerhalb und außerhalb des Ohres. Das Schallfeld wird entweder durch ein Headset oder einen Lautsprecher erzeugt.

Die Differenz zwischen dem Pegel im Ohr unter dem Gehörschützer und außerhalb des Ohres (die Geräuschminderung) wird direkt mit Hilfe von zwei Mikrofonen bestimmt. Die Schalldämmung eines Gehörschutzstöpsels kann aus der Differenz der beiden Schalldruckpegel bestimmt werden. Um beide Werte in einer Messung zu erhalten, werden zwei Mikrofone verwendet: das erste wird von außen in den Gehörschützer eingeführt (z. B. ein Röhrenmikrofon) und das zweite befindet sich außerhalb des Ohres (ggf. unter dem Headset, das die Prüftöne erzeugt). Der Schalldruckpegel im offenen Gehörgang kann nicht direkt gemessen werden, sondern wird aus dem Pegel außerhalb des verschlossenen Gehörs abgeleitet. Daher ist es erforderlich, Korrekturfaktoren zu berücksichtigen, die die Wirkung des Ohres auf das Schallfeld beschreiben. Darüber hinaus muss der Einfluss der Messposition im verschlossenen Gehörgang (typischerweise nicht an der Trommelfellmembran, sondern im Gehörschutzstöpsel oder an dessen Ende) berücksichtigt werden. Das gesamte System (einschließlich des Schallfeldes) muss in Bezug auf validierte subjektive Schalldämmdaten kalibriert werden.

In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, dass die Geräuschminderung nicht direkt mit der Schalldämmung eines Gehörschützers übereinstimmt („Einfügungsdämpfung“). Zur Bestimmung der Einfügungsdämpfung müssen zweimal im gleichen Gehörgang mit und ohne angebrachten Gehörschützer Messungen durchgeführt werden. Diese Differenz zwischen Geräuschminderung und Einfügungsdämpfung muss bei der Angabe der Schalldämmung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Das grundlegende Verfahren zur Durchführung von Messungen im Gehörgang ist in der Norm EN ISO 11904-1 beschrieben.

4.4.1.2 Durch ein Headset erzeugtes Schallfeld (Verfahren 1a)

Im Prinzip ist es möglich, jeden Gehörschutzstöpsel zu prüfen, der unter einem Headset getragen werden kann, jedoch müssen die oben genannten Korrekturwerte wahrscheinlich für jedes Produkt angepasst werden. Darüber hinaus müssen die Gehörschutzstöpsel so angepasst werden, dass sie das Mikrofon für die Messung unter dem Gehörschutzstöpsel (z. B. ein Röhrenmikrofon) aufnehmen können.

Eigenschaften:

- Verfahren: objektiv;
- Prüfsignale: breitbandiges Rauschen;
- $f = 125 \text{ Hz}$ bis $8\,000 \text{ Hz}$;
- maximale Hintergrundgeräusche: 80 dB(A) ;
- Schallfeld: Kopfhörer;
- Zeitrahmen: 5 min ;
- Prinzip: Schallpegeldifferenz.

4.4.1.3 Durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld (Verfahren 1b)

Die Schalldämmung eines Gehörschützers kann im Schallfeld eines Lautsprechers bestimmt werden. Korrekturen für die Mikrofonpositionen und das Schallfeld sind dabei berücksichtigt. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass Kapselgehörschützer und alle Arten von Gehörschutzstöpseln geprüft werden können, auch voluminöse Modelle, die nicht unter ein Headset passen. Wie in 4.4.1.2 beschrieben, dürfen nur speziell angepasste Gehörschützer mit eingebautem Mikrofon verwendet werden.

Eigenschaften:

- Verfahren: objektiv;
- Prüfsignale: breitbandiges Rauschen;
- $f = 125 \text{ Hz}$ bis $8\,000 \text{ Hz}$;
- maximale Hintergrundgeräusche: 80 dB(A) ;
- Schallfeld: direktes Feld;
- Zeitrahmen: 5 min ;
- Prinzip: Schallpegeldifferenz für Gehörschützer.

4.4.2 Audiometrisches Verfahren (Bestimmung der Hörschwelle mit und ohne Gehörschützer)

4.4.2.1 Allgemeines

Dieses Verfahren ist vom Prinzip her dem REAT-Verfahren ähnlich und kann mit Hilfe eines Audiometers durchgeführt werden. Auch hier wird die Hörschwelle der Versuchsperson mit und ohne Gehörschützern gemessen. Dieses Verfahren erfordert eine ruhige Umgebung, da es an der Hörschwelle zum Einsatz kommt.

Im Folgenden werden zwei Aspekte des Messverfahrens beschrieben, die variieren können:

- Die Prüftöne können schmalbandige Geräusche oder reine Töne sein. Da sich das Schallfeld und (bei reinen Tönen) die Prüfgeräusche von den Laborbedingungen unterscheiden, ist zu erwarten, dass die Hörschwellen andere Werte aufweisen. Somit kann auch die berechnete Schalldämmung unterschiedlich sein.
- Die Hörschwelle kann entweder mit aufsteigenden Pegeln oder mittels eines Auf- und Ab-Verfahrens (Bracketing) bestimmt werden. In letzterem wird der Pegel abwechselnd erhöht und mehrfach reduziert, und die Hörschwellenpegel werden durch die Auf- und Abwärtsveränderungen eingegrenzt.

4.4.2.2 Durch ein Headset erzeugtes Schallfeld (Verfahren 2a)

Dieses Verfahren kann für alle Arten von unter einem Headset getragenen Gehörschutzstöpseln eingesetzt werden.

Eigenschaften:

- Verfahren: subjektiv;
- Prüfsignale: reine Töne oder schmalbandige Geräusche;
- $f = 125$ Hz bis 8 000 Hz oder ein oder mehrere ausgewählte Bänder;
- maximale Hintergrundgeräusche: 40 dB(A) (entsprechend EN ISO 8253-1:2010);

ANMERKUNG Siehe EN ISO 8253-1:2010 für weitere Informationen über die Anforderungen an den Hintergrundgeräuschpegel in Terzbändern.

- Schallfeld: Headset;
- Zeitrahmen: 5 min–20 min;
- Prinzip: Messung an der Hörschwelle.

4.4.2.3 Durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld (Verfahren 2b)

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass Kapselgehörschützer und alle Arten von Gehörschutzstöpseln geprüft werden können, auch voluminöse Modelle, die nicht unter ein Headset passen. Die Hörschwelle (offen und verschlossen) wird für beide Ohren gleichzeitig gemessen. Dies führt dazu, dass nur ein Schalldämmwert für beide Ohren und eine kürzere Messzeit als bei der Messung nach 4.4.2.2 entsteht.

Eigenschaften:

- Verfahren: subjektiv;
- Prüfsignale: schmalbandige Geräusche;
- $f = 125$ Hz bis 8 000 Hz oder ein oder mehrere ausgewählte Bänder;
- maximale Hintergrundgeräusche: 25 dB(A) (entsprechend EN ISO 8253-2:2009);

ANMERKUNG Siehe EN ISO 8253-2:2009 für weitere Informationen über die Anforderungen an den Hintergrundgeräuschpegel in Terzbändern.

- Schallfeld: diffus und quasi-frei;
- Zeitrahmen: 5 min–10 min;
- Prinzip: Messung an der Hörschwelle.

4.4.3 Audiometrie-ähnliches Verfahren (Bestimmung einer Hörschwelle mit und ohne Gehörschützer)

4.4.3.1 Allgemeines

Dieses akustische Verfahren ähnelt dem audiometrischen Verfahren. Die Prüftöne können schmalbandige Geräusche (ähnlich wie bei dem Verfahren in EN ISO 4869-1) oder reine Töne (in der Audiometrie verwendet) sein. Die Hörschwelle wird zweimal, einmal mit und einmal ohne Gehörschützer bestimmt. Die Differenz zwischen diesen beiden Werten für jedes Prüfsignal ergibt die Schalldämmung.

Die Verwendung einer speziell angefertigten Vorrichtung anstelle eines Audiometers könnte die Verwendung bestimmter Gehörschützer einschränken, bedeutet jedoch mehr Flexibilität für den Versuchsleiter und die Wartung des Systems (es ist keine spezielle audiometrische Ausbildung und jährliche Kalibrierung erforderlich).

Andererseits können die Werte der einzelnen Schwellen nicht verwendet werden, da die Vorrichtungen nicht für absolute Werte kalibriert sind. Nur die Differenz der beiden Schwellenwerte führt zu realistischen Werten.

4.4.3.2 Durch ein Headset erzeugtes Schallfeld (Verfahren 3a)

Dieses Verfahren kann für alle Arten von unter einem Headset getragenen Gehörschutzstöpseln eingesetzt werden.

Eigenschaften:

- Verfahren: subjektiv;
- Prüfsignale: reine Töne oder schmalbandige Geräusche;
- f = einzelne oder mehrere Frequenzen oder schmalbandige Geräusche im Bereich von 125 Hz bis 8 000 Hz;
- maximale Hintergrundgeräusche: 40 dB(A) (entsprechend EN ISO 8253-1:2010);

ANMERKUNG Siehe EN ISO 8253-1:2010 für weitere Informationen über die Anforderungen an den Hintergrundgeräuschpegel in Terzbändern.

- Schallfeld: Headset;
- Zeitrahmen: 5 min–15 min;
- Prinzip: Messung an der Hörschwelle.

4.4.3.3 Durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld (Verfahren 3b)

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass Kapselgehörschützer und alle Arten von Gehörschutzstöpseln geprüft werden können, auch voluminöse Modelle, die nicht unter ein Headset passen. Die Hörschwelle (offen und verschlossen) wird für beide Ohren gleichzeitig gemessen. Dies führt dazu, dass nur ein Schalldämmwert für beide Ohren und eine kürzere Messzeit als bei der Messung nach 4.4.3.2 entsteht.

Eigenschaften:

- Verfahren: subjektiv;
 - Prüfungssignale: schmalbandige Geräusche;
 - f = einzelne oder mehrere Frequenzen oder schmalbandige Geräusche im Bereich von 125 Hz bis 8 000 Hz;
 - maximale Hintergrundgeräusche: 25 dB(A) (entsprechend EN ISO 8253-2:2009);
- ANMERKUNG Siehe EN ISO 8253-2:2009 für weitere Informationen über die Anforderungen an den Hintergrundgeräuschpegel in Terzbändern.
- Schallfeld: diffus und quasi-frei;
 - Zeitrahmen: 5 min–10 min;
 - Prinzip: Messung an der Hörschwelle.

4.4.4 Lautstärkevergleichsverfahren

Im Gegensatz zur Laborprüfung oder den in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen audiometrischen Verfahren arbeitet dieses Prüfverfahren bei Schallpegeln weit über der Hörschwelle mit Geräuschen, die von einem Headset erzeugt werden. Die Lautstärke des über Kopfhörer hörbaren Prüftons wird von der Versuchsperson so eingestellt, dass sie die Töne auf beiden Ohren gleichermaßen laut hört. Dieses Verfahren wird unter drei Bedingungen durchgeführt: einmal mit offenen Ohren als Referenzniveau, einmal mit einem verschlossenen Ohr zur Bestimmung der Schalldämmung dieses bestimmten Gehörschutzstöpsels, und einmal mit dem anderen oder beiden Ohren verschlossen zur Bestimmung der Schalldämmung des anderen Gehörschutzstöpsels. So kann der Schalldämmwert des für jedes Ohr verwendeten Gehörschutzstöpsels separat berechnet werden.

Dieses Verfahren eignet sich für alle Arten von Gehörschutzstöpseln, die unter einem Headset getragen werden können und erfordert keine besonders ruhige Umgebung.

Eigenschaften:

- Verfahren: subjektiv;
- Prüfungssignale: reine Töne oder schmalbandige Geräusche;
- Frequenzen: 125 Hz bis 8 000 Hz;
- maximale Hintergrundgeräusche: 70 dB(A);
- Schallfeld: Headset;
- Zeitrahmen: 5 min–15 min;
- Prinzip: Lautstärkevergleich.

4.4.5 Akustische Leckageprüfung

Ein Schalldruckpegel wird sowohl von einem Lautsprecher als auch von einem Mikrofon direkt im Gehörschutzstöpsel im Gehörgang erzeugt und gemessen. Leckagen sind in den Frequenzverläufen des resultierenden Schallpegels sichtbar. Eine Leckage reduziert den Schalldruckpegel bei niedrigen Frequenzen (z. B. unter 100 Hz) und erhöht den Pegel bei höheren Frequenzen (z. B. über 100 Hz). Die Datenauswertung bei diesen beiden Frequenzen ermöglicht die Bestimmung der Leckage und die Schätzung der Gesamtdämmung.

Eigenschaften:

- Verfahren: objektiv;
- Prüfsignale: niederfrequente Töne;
- maximale Hintergrundgeräusche: 80 dB(A);
- Schallfeld: während der Prüfung in den Gehörschutzstöpsel eingesetzte Schallquelle
- Zeitrahmen: 5 min;
- Prinzip: Messung der Niederfrequenz-Leckage.

4.4.6 Druckprüfung

Hierbei handelt es sich um ein objektives Verfahren, das nur für individuell geformte Gehörschutzstöpsel angewendet wird. Es ermöglicht die Bestimmung, ob der individuell angepasste Gehörschutzstöpsel korrekt an den Gehörgang angepasst ist, liefert aber keine Werte für die Schalldämmung des Gehörschützers.

Durch einen Kanal im Gehörschutzstöpsel (z. B. nach Entfernen des Filters) wird ein kleiner statischer Überdruck (wenige mbar) im Gehörgang erzeugt. Anschließend wird entweder der maximale stabile Überdruck bestimmt oder der Druckabfall über einen Zeitraum beobachtet. Ist der Gehörgang dicht verschlossen, liegt der maximal erreichbare Druck nahe dem Höchstdruck der Pumpe bzw. der Druck bleibt konstant oder hält zumindest einige Sekunden an. Mit Blick auf den Druckabfall muss der Druck für sehr genaue Ergebnisse über einen relativ langen Zeitraum überwacht werden. Es stehen verschiedene Ausführungen der Messvorrichtung zur Verfügung, von einfachen mechanischen Modellen bis hin zu elektronischen Modellen mit automatischer Auswertung der Daten.

Eigenschaften:

- Verfahren: objektiv;
- Prüfsignale: keine;
- Zeitrahmen: 5 min;
- Prinzip: Messung des Druckabfalls oder des maximal erreichbaren Überdrucks.

4.4.7 Zusammenfassung der unterschiedlichen Prüfverfahren

Tabelle 1 gibt eine Zusammenfassung der unterschiedlichen Prüfverfahren.

Tabelle 1 — Überblick über die Prüfverfahren

Verfahren	Schallpegelmessungen mit Mikrofonen in menschlichen Ohren (MIRE)		Audiometrisches Verfahren		Audiometrie-ähnliches Verfahren		Lautstärkevergleich	Akustische Leckageprüfung	Druckprüfung
Unter- verfahren	MIRE mit Headset	MIRE mit Lautsprecher	Audiometrisches Verfahren mit Headset	Audiometrisches Verfahren mit Lautsprecher	Audiometrie-ähnliches Verfahren mit Headset	Auf Audiometrie-ähnliches Verfahren mit Lautsprecher			
Prinzip	Differenz der Schalldruckpegeln	Differenz der Schalldruckpegeln	Differenz der Hörschwellen	Differenz der Hörschwellen	Differenz der Hörschwellen	Differenz der Hörschwellen	Lautstärkevergleich	Messung der Niederfrequenz-Leckage	Messung des Druckabfalls oder des maximalen stabilen Drucks
Einbeziehung der Versuchsperson	Objektiv	Objektiv	Subjektiv	Subjektiv	Subjektiv	Subjektiv	Subjektiv	Objektiv	Objektiv
Prüfsignal	Breitband	Breitband	Reine Töne	schmalbandige Geräusche	schmalbandige oder reine Töne	schmalbandig	reine Töne oder schmalbandige Geräusche	Niederfrequenzton	keine
Schallfeld	Headset	Direktes Feld	Headset	Direktes Feld	Headset	Direktes Feld	Headset	Während der Prüfung in den Gehörschutzstöpsel eingesetzte Schallquelle	keine
Max. Hintergrundgeräusche	80 dB(A)	80 dB(A)	40 dB(A)	25 dB(A)	40 dB(A)	25 dB(A)	70 dB(A)	80 dB(A)	Keine Einschränkung

Verfahren	Schallpegelmessungen mit Mikrofonen in menschlichen Ohren (MIRE)		Audiometrisches Verfahren		Audiometrie-ähnliches Verfahren		Lautstärkevergleich	Akustische Leckageprüfung	Druckprüfung
Unter- verfahren	MIRE mit Headset	MIRE mit Lautsprecher	Audiometrisches Verfahren mit Headset	Audiometrisches Verfahren mit Lautsprecher	Audiometrie- ähnliches Verfahren mit Headset	Auf Audiometrie- ähnliches Verfahren mit Lautsprecher			
Gemessene Frequenzen	125 Hz bis 8 000 Hz	125 Hz bis 8 000 Hz	125 Hz bis 8 000 Hz oder ein oder mehrere ausgewählte Bänder	125 Hz bis 8 000 Hz oder ein oder mehrere ausgewählte Bänder	Einzelne oder mehrere Frequenzen oder schmalbandige Geräusche im Bereich von 125 Hz bis 8 000 Hz	Einzelne oder mehrere Frequenzen oder schmalbandige Geräusche im Bereich von 125 Hz bis 8 000 Hz	125 Hz bis 8 000 Hz	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Zeitraumen ^a	5 min	5 min	5 min–20 min	5 min–10 min	5 min–15 min	5 min–10 min	5 min–15 min	5 min	5 min
^a Siehe 4.1 für eine Beschreibung des Zeitrahmens.									

5 Prüfverfahren für die Methoden zur Prüfung der Anpassung

5.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Aspekte der tatsächlichen Durchführung der verschiedenen Methoden zur Prüfung der Anpassung beschrieben. Die Bewertungskriterien sind vom Hersteller der Gehörschützer zu bestimmen.

5.2 Schallpegelmessungen mit Mikrofonen in menschlichen Ohren (MIRE)

5.2.1 Durch ein Headset erzeugtes Schallfeld (Verfahren 1a)

Dieses Verfahren ist nur für Gehörschutzstöpsel anwendbar. Um den Schalldruckpegel unter dem Gehörschutzstöpsel zu messen, sind spezielle Prüfmuster mit einem Klangkanal erforderlich. Dies erfordert für Schaumstoff- und Lamellengehörschutzstöpsel in den meisten Fällen stellvertretende-Prüfmuster. Für individuell geformte Gehörschutzstöpsel muss ein Klangkanal zugänglich sein.

Für die Prüfung sind die beiden Mikrofone (meist in einem Gerät) mit dem zu prüfenden Gehörschutzstöpsel zu verbinden. Dann kann der Gehörschutzstöpsel in das Ohr des Anwenders eingesetzt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Verbindung der Mikrofoneinheit nicht verändert wird und die gleiche Anpassung wie bei der Standardversion des Gehörschutzstöpsels erhalten bleibt.

Das Headset wird vorsichtig auf den Kopf gesetzt, ohne die Anpassung des Gehörschutzstöpsels zu verändern. Das Kabel der Mikrofone sollte nicht zu einer Undichtigkeit an den Dichtungskissen des Headsets führen. Die tatsächliche Messzeit sollte unter Verwendung eines Breitbandsignals und der Analyse der einzelnen Frequenzbänder weniger als eine Minute betragen. Wenn zwei Mikrofoneinheiten für den linken und rechten Gehörschutzstöpsel zur Verfügung stehen, kann die Messung binaural durchgeführt werden.

Die Ergebnisse können in Frequenzbändern und in einer einzigen Zahlengröße als PAR (persönlicher Schalldämmwert, en: personal attenuation rating) angezeigt werden. Es ist darauf zu achten, welchem Schalldämmwert EN ISO 4869-2 dieses Einzelergebnis entspricht. Beim Vergleich der individuellen Schalldämmung mit dem Sollwert muss die Messunsicherheit berücksichtigt werden.

Das folgende Bild 1 stellt den Prozess schematisch dar.

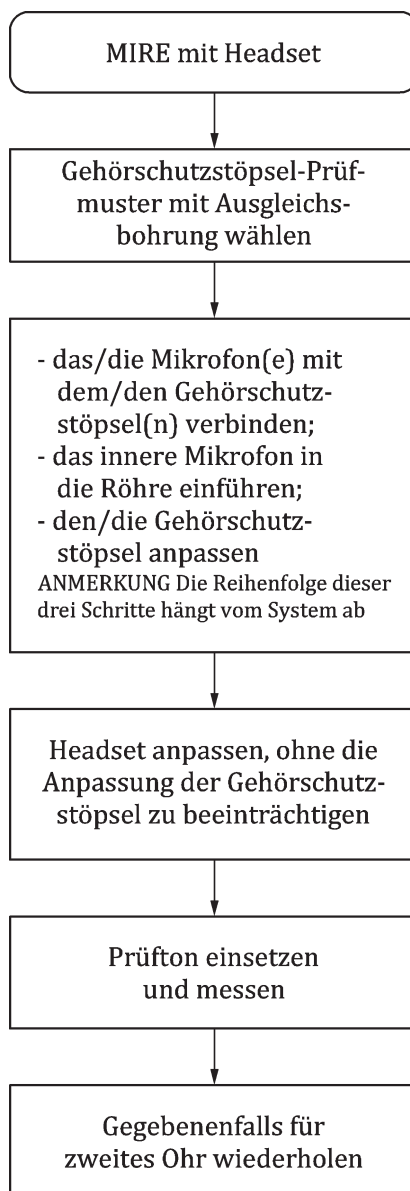
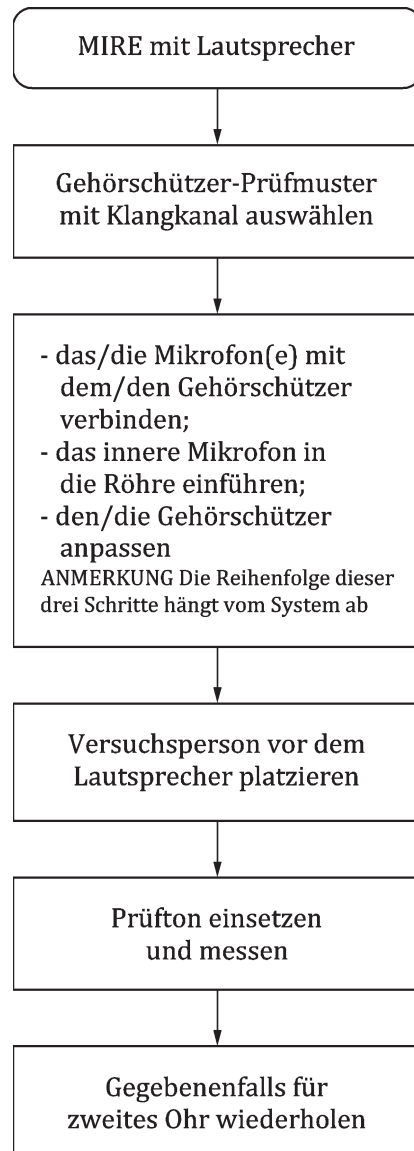


Bild 1 — Flussdiagramm für Verfahren 1a

5.2.2 Durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld (Verfahren 1b)

Dieses Verfahren kann auch für Kapselgehörschützer verwendet werden. Auch in diesem Fall können stellvertretende Prüfmuster mit einem eingebauten Mikrofon für eine Messung unter dem Gehörschützer verwendet werden. Die Vorgehensweise selbst ist derjenigen sehr ähnlich, die im vorangegangenen Abschnitt für MIRE mit einem Headset beschrieben wurde. Bei Gehörschutzstöpseln entfällt durch die Verwendung eines Lautsprechers die Notwendigkeit der korrekten Anbringung des Headsets. Damit wird eine Fehlerquelle ausgeschlossen.

Das folgende Bild 2 stellt den Prozess schematisch dar.



ANMERKUNG Im Falle der Messung von Kapselgehörschützern stellt dieses Flussdiagramm ein Beispiel für die Verwendung von stellvertretenden Prüfmustern von Kapselgehörschützern dar.

Bild 2 — Flussdiagramm für Verfahren 1b

5.3 Audiometrisches Verfahren

5.3.1 Durch ein Headset erzeugtes Schallfeld (Verfahren 2a)

Dieses Verfahren ist nur für Gehörschutzstöpsel anwendbar. Zwei Hörschwellen — eine mit und eine ohne Gehörschutzstöpsel — werden gemessen. Die Reihenfolge der beiden kann frei gewählt werden. Wenn die Anpassung der Gehörschutzstöpsel im täglichen Gebrauch bestimmt werden soll und die Versuchsperson direkt vom Arbeitsplatz kommen kann, sollte zunächst die verschlossene Hörschwelle gemessen werden.

Es sind ohrumschließende Headsets erforderlich und das freie Volumen zwischen Ohrmuschel und Headset-Kapseln muss groß genug sein, damit kein Kontakt mit dem Gehörschutzstöpsel entsteht und die Anpassung des Gehörschutzstöpsels nicht beeinträchtigt wird. Es ist darauf zu achten, dass die Gehörschutzstöpsel bei der Anpassung des Headsets nicht berührt werden. Abhängig von den Headset-Kapseln müssen einige Arten von voluminösen Gehörschutz-Otoplastiken (Concha-Typ) oder Lamellengehörschutzstöpseln mit langem Stiel/Griff möglicherweise von der Prüfung ausgeschlossen werden.

Die Festlegung der Hörschwelle sollte von geschultem Personal durchgeführt werden, um die Vergleichpräzision der Ergebnisse sicherzustellen. Die meisten Audiometer erfordern eine manuelle Bedienung. Die Versuchspersonen sollten auch mit dem Prüfverfahren vertraut sein. Die Schwelle kann durch verschiedene Techniken bestimmt werden: aufsteigend (Erhöhung des Schallpegels, bis der Prüftön zu hören ist), absteigend (Senkung des Schallpegels, bis der Prüftön nicht mehr gehört wird) oder Bracketing (z. B. Békésy, der Schallpegel wird abwechselnd erhöht und gesenkt; der Mittelwert der Höchst- und Tiefstpunkte ist die Hörschwelle).

Das Verfahren ist anfällig für Hintergrundgeräusche. Dies wirkt sich insbesondere auf den offenen Schwellenwert aus und verschiebt ihn auf höhere Werte, so dass die resultierende Schalldämmung des Gehörschutzstöpsels geringer ist als in der Realität. Bei einem Headset ist der Effekt am stärksten bei den tiefen Frequenzen, bei denen die Schalldämmung des Headsets am geringsten ist. Daher müssen die Ergebnisse für diese Frequenzen sorgfältig überprüft werden.

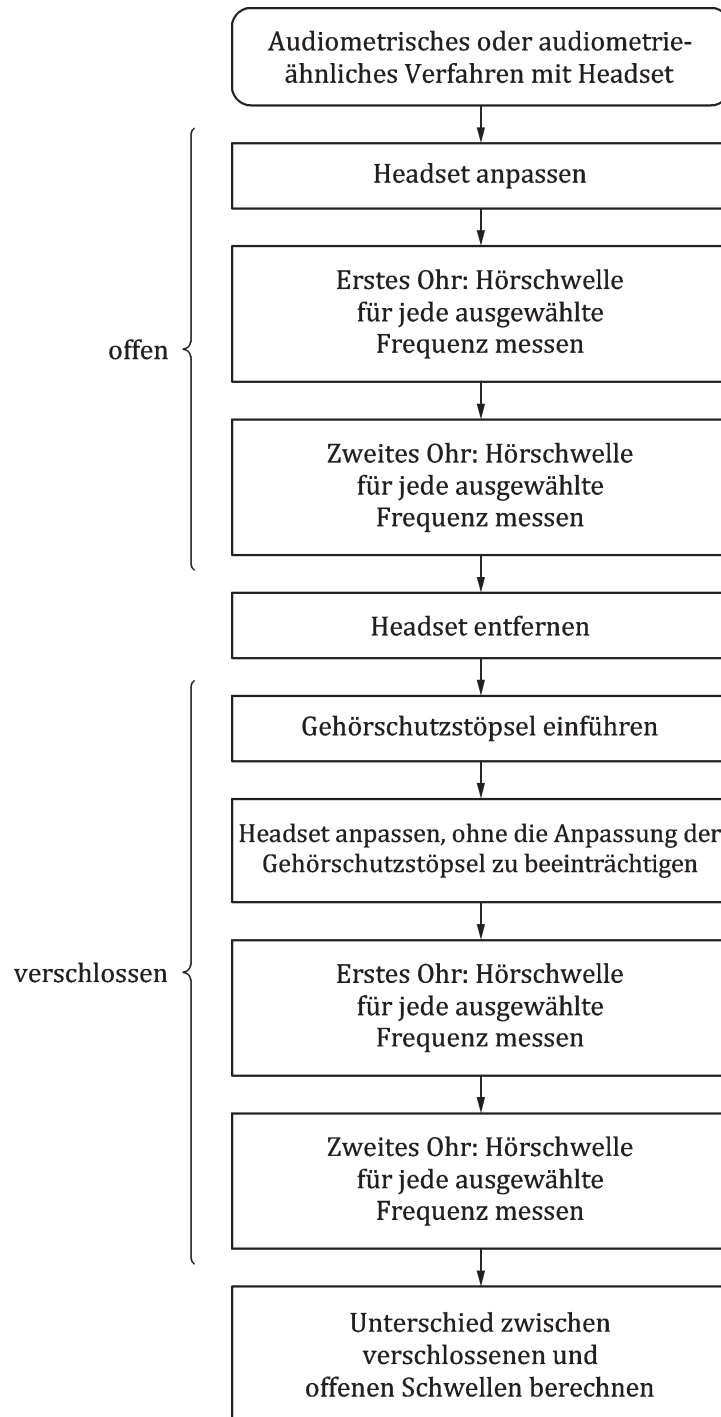
Im Prinzip ist es möglich, nur eine Frequenz (für gewöhnlich 500 Hz) zu messen, um die Anpassung des Gehörschutzstöpsels zu beurteilen. Eine solche Messung ist jedoch anfällig für Fehler bei der Hörschwellenbestimmung. Nur wenn die Ergebnisse mehrerer Frequenzen vorliegen, können Ausreißer identifiziert werden. Durch die Messung von zwei oder drei Frequenzen sind bessere Ergebnisse zu erwarten. Häufig werden Kombination von 250 Hz und 500 Hz, oder 500 Hz, 1 000 Hz und 2 000 Hz verwendet.

ANMERKUNG Die Einzelfrequenzmessung könnte nur begrenzte Informationen für die Vorhersage der insgesamt erreichten Schalldämmung liefern.

Die grundlegenden Ergebnisse sind die Schalldämmwerte bei den gemessenen Frequenzen. Daraus können zusätzliche Werte wie ein PAR berechnet werden. Softwarebasierte Audiometer ermöglichen den automatischen Vergleich mit Schalldämmwerten der in die Software eingegebenen Baumusterprüfung.

Bei Einzel-Audiometern kann die Prüfung ohne zusätzliche IT-Geräte durchgeführt werden.

Das folgende Bild 3 stellt den Prozess schematisch dar.



ANMERKUNG Die Reihenfolge der beiden Abschnitte für „offene“ und „verschlossene“ Messungen ist austauschbar.

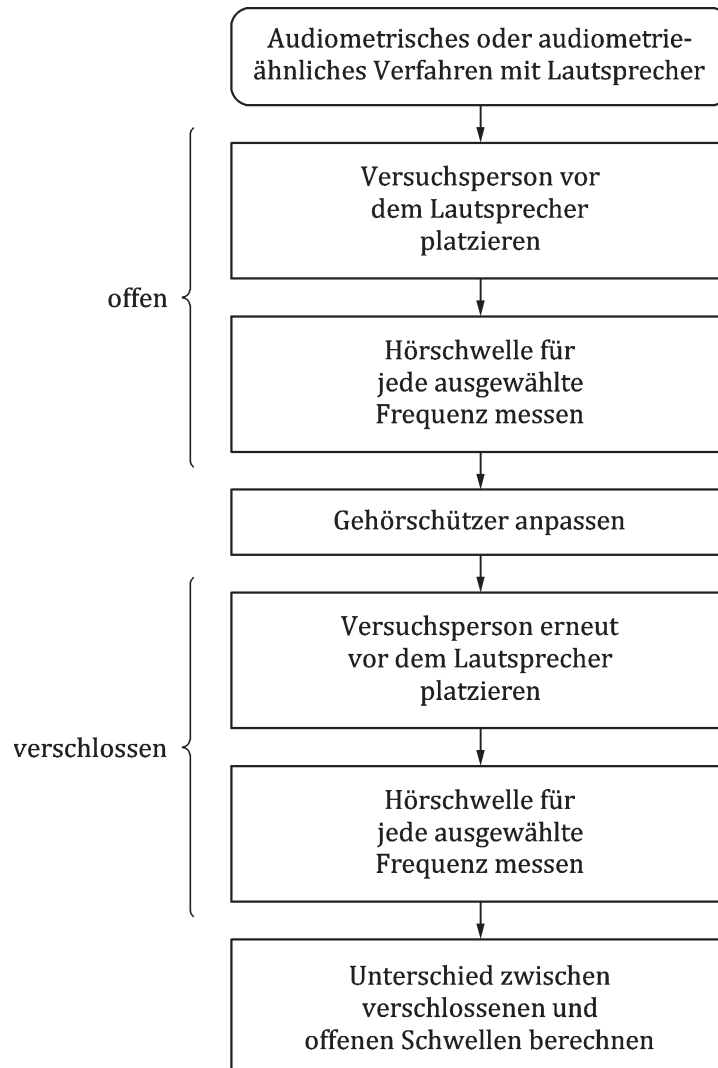
Bild 3 — Flussdiagramm für Verfahren 2a und 3a

5.3.2 Durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld (Verfahren 2b)

Dieses Verfahren kann auch für Kapselgehörschützer verwendet werden. Wenn ein Aufbau für die Freifeld-Audiometrie verwendet wird, sind Hintergrundgeräusche ein entscheidendes Problem. Die offene Hörschwelle ist sehr empfindlich gegenüber Außengeräuschen. Dies gilt für alle geprüften Frequenzen, jedoch sind im Niederfrequenzbereich aufgrund der begrenzten Schalldämmung von Gebäuden, Wänden, Türen usw. die höchsten Hintergrundpegel zu erwarten.

Ein weiterer Unterschied zu Verfahren 2a ist der binaurale Ansatz aufgrund des freien Schallfeldes. Für jeden Schwellenwert (offen und verschlossen) gibt das jeweilige Ohr mit dem unteren Schwellenwert das Ergebnis vor. Dies können verschiedene Ohren für die beiden Messungen sein. Dementsprechend kann die Schalldämmung nicht für jedes Ohr einzeln bestimmt werden und das Ergebnis ist weniger genau als eine monaurale Messung mit einem Headset.

Das folgende Bild 4 stellt den Prozess schematisch dar.



ANMERKUNG Die Reihenfolge der beiden Abschnitte für „offene“ und „verschlossene“ Messungen ist austauschbar.

Bild 4 — Flussdiagramm für Verfahren 2b und 3b

5.4 Audiometrie-ähnliches Verfahren

5.4.1 Durch ein Headset erzeugtes Schallfeld (Verfahren 3a)

Dieses Verfahren ist nur für Gehörschutzstöpsel anwendbar. Ähnlich wie bei Audiometern wird die Hörschwelle der Versuchsperson zweimal bestimmt, mit und ohne Gehörschutzstöpsel. Die Vorrichtung zur Schwellenbestimmung ist kundenspezifisch und könnte in Einzelfällen nur für Produkte eines Herstellers ausgelegt sein. Der Unterschied zu Audiometern könnte in den Prüftönen (Sinus, schmalbandig), den messbaren Frequenzen und dem Headset liegen.

Die Bemerkungen aus 5.3 zur Headset-Anpassung, zur Anzahl der Frequenzen und zu den Hintergrundgeräuschen gelten auch hier. Das Vorgehen zur Bestimmung der Hörschwelle kann automatisiert oder vorab festgelegt werden. Darüber hinaus erfordern solche Prüfgeräte im Gegensatz zu Audiometern keine jährliche Kalibrierung als Medizinprodukt.

Im Prinzip ist es möglich, nur eine Frequenz (für gewöhnlich 500 Hz) zu messen, um die Anpassung des Gehörschutzstöpsels zu beurteilen. Eine solche Messung ist jedoch anfällig für Fehler bei der Hörschwellenbestimmung. Nur wenn die Ergebnisse mehrerer Frequenzen vorliegen, können Ausreißer identifiziert werden. Durch die Messung von zwei oder drei Frequenzen sind bessere Ergebnisse zu erwarten. Häufig werden Kombination von 250 Hz und 500 Hz, oder 500 Hz, 1 000 Hz und 2 000 Hz verwendet.

ANMERKUNG Die Einzelfrequenzmessung könnte nur begrenzte Informationen für die Vorhersage der insgesamt erreichten Schalldämmung liefern.

Die Schalldämmungsergebnisse können in Frequenzbändern, als PAR oder als andere Einzelwerte angezeigt werden. Die Bewertung der Schalldämmung kann in Bezug auf die Schalldämmwerte der Baumusterprüfung oder auf die internen Werte durch den Hersteller des zu prüfenden Produkts erfolgen.

Bild 3 stellt den Prozess schematisch dar.

5.4.2 Durch einen Lautsprecher erzeugtes Schallfeld (Verfahren 3b)

Dieses Verfahren kann auch für Kapselgehörschützer verwendet werden. Ähnlich wie bei Verfahren 2b sind die Anfälligkeit für Hintergrundgeräusche und die binaurale Bestimmung der Schalldämmung die maßgeblichen Faktoren für die Umsetzung des auf Audiometrie basierten Verfahrens.

Bild 4 stellt den Prozess schematisch dar.

5.5 Lautstärkevergleich

Dieses Verfahren kann nur für Gehörschutzstöpsel angewendet werden. Hierbei handelt es sich um ein subjektives Prüfverfahren, das unempfindlich gegenüber Hintergrundgeräuschen ist, da es weit über der Hörschwelle angewendet wird. Von der Versuchsperson wird erwartet, dass sie die Lautstärke eines Prüftons zwischen beiden Ohren vergleicht. Für einige Personen kann dies eine Herausforderung darstellen.

Der Lautstärkevergleich kann in einer Vielzahl von Protokollen verwendet werden, von der einmaligen Einstellung eines kontinuierlichen Prüftons auf einer kontinuierlichen Prüftonskala bis hin zur Verwendung eines diskreten Bracketing-Verfahrens. Die Auswahl eines bestimmten Protokolls wirkt sich auf die Zuverlässigkeit der Prüfung aus. Die Versuchsperson muss den Lautstärkevergleich mindestens dreimal durchführen. Einmal mit offenen Ohren als Referenzniveau, einmal mit einem verschlossenem Ohr zur Bestimmung der Schalldämmung dieses bestimmten Gehörschutzstöpsels, und einmal mit dem anderen oder beiden Ohren verschlossen zur Bestimmung der Schalldämmung des anderen Gehörschutzstöpsels.

Der Lautstärkevergleich bietet separate und unabhängige Schalldämmwerte für jeden einzelnen Gehörschutzstöpsel.

Ähnlich wie beim Audiometer kann im Prinzip eine Messung bei einer Frequenz ausreichen, um die Anpassung zu beurteilen. Daten bei mehreren Frequenzen ermöglichen jedoch eine bessere Bewertung der Zuverlässigkeit der subjektiven Ergebnisse. Tatsächlich kann durch die Überprüfung der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen bei benachbarten Frequenzen die Zuverlässigkeit verbessert werden.

Wenn mehrere Frequenzen gemessen werden, kann ein PAR oder ein vergleichbarer Wert berechnet werden.

Bild 5 stellt den Prozess schematisch dar.

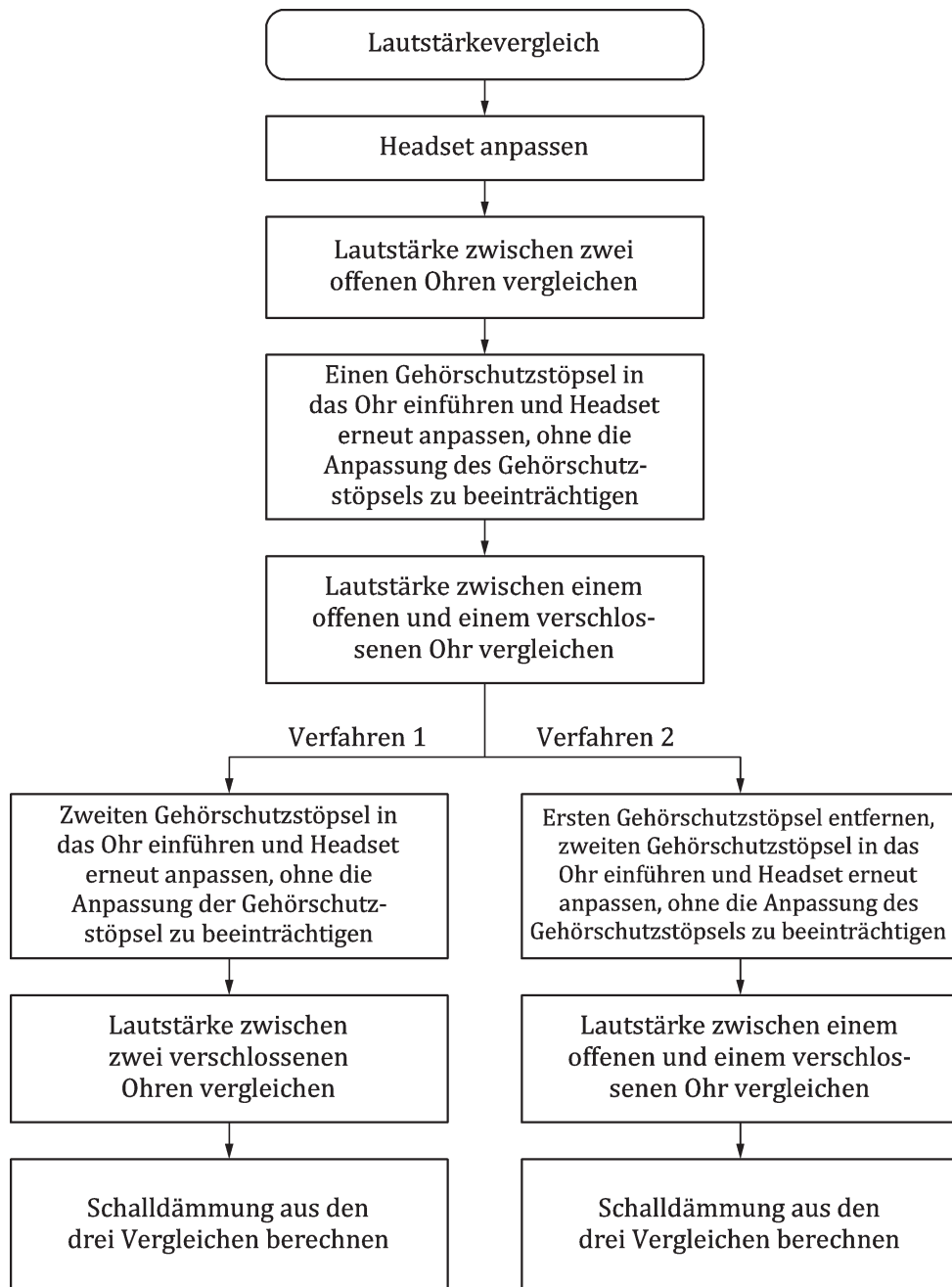


Bild 5 — Flussdiagramm für den Lautstärkevergleich

5.6 Akustische Leckageprüfung

Dieses Verfahren ist nur für Gehörschutzstöpsel anwendbar. Es werden Gehörschutzstöpsel benötigt, an denen die Messeinheit befestigt werden kann, wie beispielsweise Gehörschutz-Otoplastiken. Diese Einheit besteht aus einem Lautsprecher und einem Mikrophon. Nach dem Anpassen des Ohrstöpsels wird das niederfrequente Prüfgeräusch aktiviert und der resultierende Pegel im Gehörgang frequenzabhängig gemessen. Aus den Pegeln bei verschiedenen Frequenzen kann die Schalldämmung im Tieftonbereich und damit die Qualität der Anpassung beurteilt werden.

Bild 6 stellt den Prozess schematisch dar.