



# Studie zur Gehörentwicklung von lärmexponierten Beschäftigten mit Gehörschutz-Otoplastiken

Eine 12-jährige Langzeitstudie

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Berufsgenossenschaft Holz und Metall  
Isaac-Fulda-Allee 18  
55124 Mainz

Telefon: 0800 9990080-0  
Fax: 06131 802-20800  
E-Mail: [servicehotline@bghm.de](mailto:servicehotline@bghm.de)  
Internet: [www.bghm.de](http://www.bghm.de)

Servicehotline bei Fragen zum Arbeitsschutz: 0800 9990080-2  
Medien Online: [bestellung@bghm.de](mailto:bestellung@bghm.de)

*Eine entgeltliche Veräußerung oder eine andere gewerbliche Nutzung bedarf der schriftlichen Einwilligung der BGHM*

Datei nicht barrierefrei

Ausgabe: August 2014

# **Studie zur Gehörentwicklung von lärmexponierten Beschäftigten mit Gehörschutz-Otoplastiken**

**Eine 12-jährige Langzeitstudie**



# Inhalt

<b>1. Einleitung, Aufgabe und Zielsetzung</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Beeinträchtigung des Hörens</b> .....	<b>11</b>
2.1 Wirkung von Lärm auf das Gehör.....	11
2.2 Energieäquivalenzprinzip, ISO 1999 .....	11
2.3 Schutz des Gehörs durch Gehörschutz.....	12
<b>3. Vorbereitung der Feldstudie</b> .....	<b>15</b>
3.1 Datenschutz.....	15
3.2 Auswahl der Betriebe .....	15
3.3 Studienteilnahme, Fallgruppen.....	15
3.4 Auswahl geeigneter Gehörschutz-Otoplastiken .....	17
3.4.1 Anforderungen, Vorschläge, Beschaffung .....	17
3.4.2 Entscheidung für eine Gehörschutz-Otoplastik .....	17
3.4.3 Otoplastikmaterial – hart oder weich?.....	18
3.4.4 Herstellung und Anpassung der Gehörschutz-Otoplastiken.....	19
3.5 Verfahren der funktionalen Prüfung .....	20
<b>4. Durchführung von Befragungen und Datensammlung</b> .....	<b>22</b>
<b>5. Untersuchungsergebnisse</b> .....	<b>23</b>
5.1 Untersuchungsergebnisse – Lärm.....	23
5.1.1 Lärmbelastung an den Arbeitsplätzen .....	23
5.1.2 Schalldämmung der Otoplastiken .....	24
5.1.3 Funktionsprüfung der Gehörschutz-Otoplastiken.....	26
5.2 Untersuchungsergebnisse – Gehör .....	29
5.2.1 Subjektive Einschätzung und objektive Messung.....	29
5.2.2 Hörfähigkeit der Beschäftigten .....	29
5.2.3 Gehörentwicklung der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer.....	30
<b>6. Gehörentwicklung – BK 2301-Verdachtsfälle</b> .....	<b>34</b>
<b>7. Befragungsergebnisse – Akzeptanz und Zufriedenheit</b> .....	<b>36</b>
7.1 Gehörschutz-Otoplastik.....	36
7.2 Ergebnisse der Befragung .....	36
<b>8. Diskussion</b> .....	<b>38</b>
<b>9. Literatur</b> .....	<b>40</b>
<b>10. Anhang</b> .....	<b>41</b>
10.1 Datenschutz.....	41



# Zusammenfassung

Die Berufsgenossenschaft Holz und Metall<sup>1</sup> führte eine Studie „Gehörentwicklung von lärmexponierten Beschäftigten mit Gehörschutz-Otoplastiken“ durch. Ziel war die Evaluierung der Daten der Untersuchungen „Beurteilung der Wirksamkeit von Gehörschutz (2003)“<sup>2</sup> und „Gehörentwicklung von lärmexponierten Beschäftigten mit Gehörschutz-Otoplastiken – Teilprojekt im Bereich ‚Blechverarbeitung (2005)“<sup>3</sup>. Außerdem sollte der Beitrag der funktionalen Prüfung zur Qualitätssicherung von Gehörschutz-Otoplastiken und zur längerfristigen Einhaltung der Schutzwirkung untersucht werden.

An der Langzeit-Studie nahmen 103 Versicherte aus Betrieben der Branchen Blechverarbeitung, Behälterbau und Metallbe- und -verarbeitung teil. Die dargestellten Ergebnisse wurden über einen Zeitraum von zwölf Jahren gewonnen (2002 – 2014). Die wesentlichen Ergebnisse dieser Studie werden im Folgenden kurz dargestellt.

## Hörverluste und Gehörentwicklung der an der Studie teilnehmenden Versicherten

Die Hörverlustsummen der Studienteilnehmenden stiegen mit zunehmendem Alter an. Sie nähern sich den altersbezogenen Grenzwerten der Hörverlustsummen für Nachuntersuchungen: In den Altersklassen bis 35 Jahre steigen sie etwa 2 dB pro Jahr, ab der Altersklasse über 40 Jahre verzeichnen sie einen steileren Anstieg von etwa 5 dB pro Jahr.

Die ersten Grenzwertüberschreitungen der Summe der Hörverluste bei 2, 3 und 4 kHz wurden bei der Altersklasse 41 – 45 Jahre beobachtet. Für 90 % der Personen, bei denen die Grenzwerte überschritten wurden, wurde der Verdacht auf eine Berufskrankheit BK 2301 „Lärmschwerhörigkeit“ geprüft oder das BK-Feststellungsverfahren war bereits abgeschlossen.

Vergleicht man die Entwicklung der Durchschnittswerte der Hörschwellen aus den regelmäßig durchgeführten Gehörvorsorge-Untersuchungen (DGUV Grundsatz G 20 „Lärm“) vor der Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik mit der nach der Ausstattung, erhält man eine deutlich geringere Zunahme der Hörverlustsumme.

Vor Beginn der Studie betrug – bei Nutzung von Gehörschutz-Watte<sup>4</sup>, -Stöpseln<sup>5</sup> oder einer Gehörschutz-Kapsel – die mittlere Zunahme der Hörverlustsumme ca. 7 dB pro Jahr. Nach Ausstattung der Studienteilnehmenden mit einer Gehörschutz-Otoplastik sank im weiteren Untersuchungsverlauf die Zunahme der Hörverlustsumme auf ca. 2 dB pro Jahr. Bei einer konsequenten Benutzung von funktional geprüften Gehörschutz-Otoplastiken wurde in den ersten sechs Jahren der Studie keine weitere Zunahme der Hörverlustsumme beobachtet.

## BK 2301-Verdachtsanzeigen und Anerkennung als Berufskrankheit

An der Studie waren vier Mitgliedsunternehmen beteiligt, die während der Studienlaufzeit 116 BK 2301-Verdachtsanzeigen bei der Berufsgenossenschaft Holz und Metall einreichten. Das entspricht einer Quote von ca. 6, bezogen auf 1000 Beschäftigte. Von den 116 BK-Verdachtsanzeigen wurden 23 als BK 2301 anerkannt, davon nur eine mit Rentenzahlung. Nur bei etwa 20 % der Anerkennungen des BK 2301-Verdachts wurde eine Otoplastik als Gehörschutz benutzt.

In den vier Mitgliedsunternehmen waren 25 % der im Lärm tätigen Beschäftigten mit einer Otoplastik ausgestattet. Berücksichtigt man dies bei den Fallzahlen der BK-Anerkennung, ergibt sich eine Rate von 3,2 % für Otoplastikträger und von 4 % für die Nutzer anderer Gehörschutzmittel. Vor dem Hintergrund der geringen Fallzahlen kann dennoch festgestellt werden, dass Otoplastikträger geringfügig besser vor einer Lärmschwerhörigkeit geschützt sind als die Träger anderer Gehörschutzmittel.

---

1 Durch die Fusion 2011 sind die Ursprungsberufsgenossenschaften Süddeutsche Metall-BG, Edel- und Unedel-BG, Norddeutsche Metall-BG, Hütten- und Walzwerks-BG, Maschinenbau- und Metall-BG und Holz-BG in die Berufsgenossenschaft Holz und Metall übergegangen.

2 Weiß, R., SMBG-Präventionsbericht 25/2003.

3 Weiß, R., BGMS-Präventionsbericht 1/2005.

4 Gehörschutz-Watte besteht aus speziellen, feinen Mineralfasern, die mit einer dünnen Folie umhüllt sind. Die Folienumhüllung verhindert ein Zurückbleiben einzelner Fasern im Ohr bzw. Gehörgang. Gehörschutzwatte ist in Deutschland nicht mehr oder nur sehr schwer erhältlich.

5 Stöpsel = zu formende und wiederverwendbare Stöpsel.

## Zufriedenheit mit der Nutzung der Gehörschutz-Otoplastik und Tragequote

Bei allen subjektiven Beurteilungskriterien wurde die Gehörschutz-Otoplastik von ihren „Trägern“ im Vergleich zu anderen Gehörschützern (Watte, Stöpsel oder Kapsel) mit 78 % als besser (38 %) oder gleich gut (40 %) bewertet. Der Tragekomfort<sup>6</sup> von Gehörschutz-Otoplastiken wurde im Vergleich zu den anderen Gehörschützern deutlich besser beurteilt; der geringste Unterschied liegt beim Kriterium „Drücken“ vor. Dieses Kriterium wurde für Gehörschutz-Otoplastiken nur mit 64 % als besser oder gleich gut gegenüber anderen Gehörschutzmitteln beurteilt.

„Sind Sie mit Ihrer Gehörschutz-Otoplastik zufrieden?“ beantworteten 70 % mit „ja“, 12 % mit „ja, aber“, 6 % mit „nein, aber“ und 12 % mit „nein“.

In den ersten fünf Studienjahren wurde eine Tragequote von 85 % erreicht. Langfristig, bis zum zwölften Studienjahr, sank die Tragequote geringfügig auf 79 %. Im Vergleich zu üblichen Erfahrungswerten von 50 % für Gehörschützer (Watte, Stöpsel oder Kapsel) ist das eine relativ hohe Tragequote.

Als Hauptgründe für das Absinken wurden der hohe Hygieneaufwand und das häufige Verstopfen der Filterelemente angegeben. Durch das Verstopfen steigt die Schalldämmung, wodurch die Wahrnehmung von Warnsignalen und Maschinengeräuschen sowie die Kommunikation erschwert werden.

## Schutzwirkung der Gehörschutz-Otoplastik

Die Studie wurde über einen Zeitraum von zwölf Jahren durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse bestätigten die Annahme, dass Gehörschutz-Otoplastiken grundsätzlich einen besseren Schutz für das Gehör bieten als Gehörschutzwatte, -stöpsel oder -kapseln.

Der bessere Schutz durch Gehörschutz-Otoplastiken wird u. a. dadurch erreicht, dass sie nach geeigneten Unterweisungen mit Übungen zur Benutzung selten falsch ins Ohr bzw. den Gehörgang eingesetzt werden. Auf Grund des höheren Tragekomforts, den die Gehörschutz-Otoplastiken bieten, werden diese häufiger und länger im Lärm getragen.

Die Schutzwirkung von Gehörschutz-Otoplastiken kann jedoch auch deutlich geringer als angenommen ausfallen. Dies kann schon bei einer neuangefertigten Gehörschutz-Otoplastik durch ungenaue Abformung des Gehörgangs und der Ohrmulde und daraus resultierende Passformmängel eintreten. Altersbedingte Veränderungen der Ohrmulde und/oder des Gehörgangs verlaufen sehr langsam, können aber bei längerer Nutzung dazu führen, dass sich der Sitz der Gehörschutz-Otoplastik verschlechtert.

Für eine nachhaltige Schutzwirkung ist die aktive Mitwirkung der Benutzer bei der Kontrolle der Funktionsfähigkeit sowie die konsequente Durchführung regelmäßiger funktionaler Prüfungen der Gehörschutz-Otoplastiken unerlässlich. Die Motivation zum Tragen von Gehörschutz und die Sensibilisierung für das Thema „Lärm“ sind für die Steigerung der Tragequote von Gehörschutz unbedingt erforderlich.

---

<sup>6</sup> Als Kriterien zum Tragekomfort zählen: Material, Drücken, Reizen, Passform, Sitz.

## Abkürzungen und Hinweise

<b>BMAS</b>	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>DGUV</b>	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
<b>E-A-Rfit</b>	E-A-Rfit Validation System
<b>EN</b>	Europäische Norm
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>LärmVibrationsArbSchV</b>	Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz-Verordnung
<b>L<sub>EX,8h</sub></b>	Tages-Lärmexpositionspegel, bezogen auf 8 Stunden, in dB(A)
<b>L<sub>pC,peak</sub></b>	C-bewerteter Spitzenschalldruckpegel in dB
<b>LL</b>	Luftleitung
<b>MIRE</b>	Microphon in Real-Ear
<b>NIPTS</b>	Noise-Induced Permanent Threshold Shift, Lärminduzierte dauerhafte Hörschwellenverschiebung
<b>PAR</b>	Personal Attenuation Rating
<b>PNP-Verfahren</b>	Positiv-Negativ-Positiv-Verfahren (Verfahren zur Otoplastikherstellung)
<b>PTS</b>	Permanent Threshold Shift, dauerhafte Hörschwellenverschiebung
<b>REAT</b>	Real Ear Attenuation at Threshold
<b>SNR</b>	Single Number Rating
<b>TRLV</b>	Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung
<b>TTS</b>	Temporary Threshold Shift, vorübergehende Hörschwellenverschiebung
<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure

Die Inhalte der Studie wurden mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Daten kann dennoch keine Garantie übernommen werden. Eine Haftung, insbesondere für materielle Schäden oder Konsequenzen, die aus der Nutzung der Zusammenstellung entstehen, ist ausgeschlossen. Sämtliche Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Weiterverbreitung oder Verwendung jeder Art sind ohne vorherige Genehmigung nicht zulässig.

Soweit nicht gesondert gekennzeichnet, sind die Abbildungen der Gehörschützer nur beispielhafte Darstellungen und die Auswahl stellt keine Bewertung durch die BGHM dar. Die Abbildungen sollen lediglich die Beschreibung visuell unterstützen und erheben keinen Anspruch auf vollständige Darstellung der am Markt erhältlichen Gehörschützer.

In diesem Dokument wird auf eine geschlechtsneutrale Schreibweise geachtet. Wo dies nicht möglich ist, wird zugunsten der besseren Lesbarkeit das ursprüngliche grammatische Geschlecht verwendet. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass damit auch jeweils das andere Geschlecht angesprochen ist.

# 1. Einleitung, Aufgabe und Zielsetzung

Bei der Süddeutschen Metall-Berufsgenossenschaft wurde im Jahr 2003 eine Studie „Beurteilung der Wirksamkeit von Gehörschutz“ abgeschlossen. Dafür wurden ca. 900 Versicherte aus 37 Betrieben befragt, die durch die Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft betreut wurden<sup>7</sup>.

Dabei wurde u. a. untersucht, ob Gehörschutz-Otoplastiken das Gehör normalhörender und hörgeschädigter Personen besser schützen als Gehörschutzstöpsel, und wie stark Gehörschutz-Otoplastiken die weitere Verschlechterung des Gehörs durch Lärm verringern oder aufhalten können.

Zu klären waren auch die Fragen:

- Warum kann die Schutzwirkung von Gehörschutz-Otoplastiken deutlich geringer als angenommen ausfallen?
- Welchen Einfluss haben Veränderungen der Ohrmulde und/oder des Gehörgangs?
- Wie können Handhabungsfehler bei Gehörschutz-Otoplastiken vermieden werden?
- Wie wichtig ist eine Funktionskontrolle bei Auslieferung der Gehörschutz-Otoplastiken und in regelmäßig wiederkehrender Folge?

Bei der Berufsgenossenschaft Holz und Metall wurde zu dieser Fragestellung die bereits laufende Studie als Langzeit-Studie „Gehörentwicklung von lärmexponierten Beschäftigten mit Gehörschutz-Otoplastiken“ fortgeführt.

Das Ziel dieser Langzeit-Studie war die Evaluierung der Daten der Untersuchungen „Beurteilung der Wirksamkeit von Gehörschutz“ und „Gehörentwicklung von lärmexponierten Beschäftigten mit Gehörschutz-Otoplastiken – Teilprojekt im Bereich Blechverarbeitung (2005)“.

---

<sup>7</sup> Weiß, R., *Beurteilung der Wirksamkeit von Gehörschutz, SMBG-Präventionsbericht 25/2003*

## 2. Beeinträchtigung des Hörens

### 2.1 Wirkung von Lärm auf das Gehör

Lärm kann vorübergehende oder dauerhafte Beeinträchtigungen des Gehörs verursachen. Im ersten Fall spricht man von einer zeitweiligen Hörschwellenverschiebung (Temporary Threshold Shift, TTS), im zweiten Fall von einer irreversiblen Hörschwellenverschiebung (Permanent Threshold Shift, PTS), die sogar zu einer lärmbedingten Schwerhörigkeit führen kann (Noise-Induced Permanent Threshold Shift, NIPTS).

Eine TTS äußert sich als das Gefühl einer gewissen Vertäubung nach einer ausgedehnten, zeitlich begrenzten, hochpegeligen Beschallung. Physiologisch entspricht der Vertäubung ein vorübergehender Steifeverlust der Haarzellen. Dieser bildet sich meist nach einigen Stunden der Ruhe wieder zurück. Für die Gehörerholung muss der „Ruhepegel“ unter 70 dB(A) liegen. Bei höheren Pegeln ist keine Gehörerholung möglich.<sup>8</sup> So konnte bei Lärmarbeitern mit unzureichender Gehörerholung eine Verschlechterung der morgendlichen Hörschwelle beobachtet werden.

Diese nahm im Laufe der Arbeitswoche von Montag bis Freitag von Tag zu Tag zu. Nach einer längeren „Lärmpause“, einem lärmarmen Wochenende, hatte die morgendliche Hörschwelle wieder den Ausgangswert der Vorwoche erreicht. Der temporäre Anteil der Hörschwellenverschiebung konnte sich durch die Erholung vollständig zurückbilden.<sup>9</sup>

Bei einer von der damaligen SMBG durchgeführten Studie aus dem Jahr 1999 wurden mit steigendem Tages-Lärmexpositionspegel zunehmende Hörschwellenverschiebungen (TTS) festgestellt. Dazu wurde vor Schichtbeginn die Hörschwelle gemessen. Der mittels Regressionsrechnung bestimmte Anstieg lag lediglich bei 1 – 1,5 dB pro Tag, also bei 5 – 7,5 dB für eine Arbeitswoche. Zu Beginn der neuen Arbeitswoche wurde bei den betroffenen Personen keine verbliebene TTS festgestellt. Die TTS wurde an nur einem lärmarmen Wochenende vollständig abgebaut<sup>10</sup>. Dies bestätigt die in der damaligen UVV „Lärm“ enthaltenen Durchführungshinweise.

Ob sich eine schallbedingte Hörbeeinträchtigung ausbildet, ist also nicht nur von der Intensität und Einwirkzeit des Schalls, sondern auch vom Schallpegel in den „Lärmpausen“ abhängig. Intensität und Einwirkzeit stehen in einem reziproken Verhältnis: Je höher der Schallpegel, umso weniger Zeit ist nötig, um eine Hörbeeinträchtigung auszulösen.

### 2.2 Energieäquivalenzprinzip, ISO 1999

In der Praxis wird die Gültigkeit des Energieäquivalenzprinzips für eine Arbeitsschicht von 8 Stunden zwischen 80 dB(A) und 105 dB(A) angenommen. Dies ist physiologisch plausibel: Anhaltende Stimulation der Haarzellen kann die Energiereserven (z.B. Sauerstoff und Glukose) erschöpfen, die zur Abdeckung des erhöhten metabolischen Bedarfs notwendig sind. Die Folgen für die Zelle sind bis zu einem bestimmten Ausmaß der Stimulation reversibel, wenn der Zelle Erholung gegönnt wird.<sup>11</sup>

Eine chronische Lärmeinwirkung kann dosisabhängig die Haarzellen des Innenohres durch metabolische Überforderung schädigen. Eine Lärmschwerhörigkeit ist in der Regel durch die Merkmale Innenohrschwerhörigkeit, Symmetrie der Hörverluste und c<sup>5</sup>-Senke charakterisiert. Die VDI-Richtlinie 2058 Blatt 2<sup>12</sup> definiert lärmbedingte Gehörschäden als Hörminderungen mit den audiometrisch nachweisbaren Merkmalen eines Haarzellschadens, der bei 3 kHz 40 dB überschreitet. Die subjektive Einschränkung der Hörfähigkeit äußert sich bei Betroffenen charakteristischerweise an der nachlassenden Wahrnehmung von hochfrequenten Schallereignissen wie z. B. Vogelzwitschern, Läuten der Türklingel oder des Telefons und an Kommunikationsproblemen bei angehobenem Hintergrundpegel wie z.B. bei Familienfeiern, Gaststättenbesuchen oder Lautsprecherdurchsagen.<sup>13</sup>

Die ISO 1999 enthält ein mathematisches Modell zur Berechnung der zu erwartenden Hörverluste für Gruppen ohne Lärmbelastung und für einheitlich lärmbelastete Gruppen.

8 Holstein, J., Hörprobleme bei Musikern, Inaugural-Dissertation, Freiburg im Breisgau, 2008

9 Burgtorf, W., Weiß, R., UBA-Texte, Forschungsbericht 81-10501108, Einfluss von Verkehrslärm auf die Gehörerholung während der Freizeit (März 1981)

10 Weiß, R., Auswahl von arbeitsplatzgerechtem Gehörschutz, SMBG-Präventionsbericht 2/1999

11 Hellbrück, J., Hören. Physiologie, Psychologie und Pathologie. Göttingen: Hogrefe, 1993

12 Technische Regel, VDI 2058 Blatt 2:1988-06, Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung

13 Empfehlung für die Begutachtung der Lärmschwerhörigkeit (BK-Nr. 2301) – Königsteiner Empfehlung – Herausgeber: DGUV, März 2012

In die Berechnung gehen folgende Einflussgrößen ein:

- $L_{EX,8h}$  Tages-Lärmexpositionspegel in dB(A), der A-bewertete, energieäquivalente, auf acht Stunden bezogene Dauerschallpegel
- die Expositionsdauer in Jahren
- das Lebensalter in Jahren
- das Geschlecht

Die Grenzen für die Gültigkeit des Modells in der ISO 1999 werden angegeben mit:

- $L_{EX,8h}$  zwischen 75 dB(A) und 100 dB(A)
- Lebensalter über 18 Jahre
- Expositionsdauer von 0 bis 40 Jahren

Die ISO 1999 enthält das einzige Lärmdosis-Wirkungs-Modell, welches als internationale Norm veröffentlicht wurde. Diese Norm ist auch dafür gedacht, die Gefahr der Entwicklung von Gehörschäden durch sich arbeitstäglich wiederholende oder regelmäßige berufliche Lärmexpositionen zu berechnen. Die Werte für die Datenbasis werden als Funktion des Alters, des Geschlechts, des Fraktils und der Frequenz berechnet. Die tatsächliche oder mögliche lärmbedingte permanente Hörschwellenverschiebung NIPTS (Noise Induced Permanent Threshold Shift) wird in Dezibel angegeben.

### 2.3 Schutz des Gehörs durch Gehörschutz

Die TRLV Lärm beschreibt die Vorgehensweise bei der Gefährdungsbeurteilung. Die TRLV Lärm konkretisiert weiterhin die Messungen und die Bewertung von Lärm und die Lärmschutz- und Lärminderungsmaßnahmen bei Gefährdung durch Lärm nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz-Verordnung (LärmVibrationsArbSchV)<sup>14</sup>. In der LärmVibrationsArbSchV sind die am Ohr des Arbeitnehmers maximal zulässigen Tages-Lärmexpositionspegel  $L_{EX,8h}$  mit 85 dB(A) sowie der maximal zulässige Spitzenschalldruckpegel  $L_{pC,peak}$  mit 137 dB festgelegt. Diese Pegel gelten allerdings unter Berücksichtigung der Schalldämmung des benutzten Gehörschutzes.

Wertvolle Hinweise und weitere Erläuterungen für Maßnahmen zur Verhütung von Gefahren bei der Arbeit liefert die BGR/GUV-R 194 „Benutzung von Gehörschutz“.<sup>15</sup>

Die Schalldämmung von Gehörschützern wird gemäß der Baumusterprüfung (Normenreihe EN 352 bzw. DIN EN 352<sup>16</sup>) bestimmt und vom Hersteller ausgewiesen. Üblich sind die Angaben des SNR- und der HML-Werte<sup>17</sup>, die Dämmwerte für die Frequenzbereiche mit überwiegend hohen (H), mittleren (M) oder tiefen (L) Frequenzen. Häufig werden auch die frequenzabhängigen Dämmwerte aus der Baumusterprüfung angegeben. In Europa wird die frequenzabhängige Dämmung des Gehörschutzes im Laborverfahren<sup>18</sup> bestimmt. Dazu wird der Differenzwert der subjektiv bestimmten Hörschwellen mit und ohne Gehörschutz herangezogen. Die Angabe von Oktavwerten ist verpflichtend.

Aus internationalen Veröffentlichungen sowie einer früheren Studie des BGIA<sup>19</sup> ist bekannt, dass die Laborschalldämmung in der Praxis nicht erreicht wird.<sup>20</sup>

Um die in der Praxis tatsächlich erreichte Schalldämmung von Gehörschutz zu ermitteln, wurde eine weitere Untersuchung vom BGIA in Zusammenarbeit mit mehreren Berufsgenossenschaften durchgeführt. Für alle Produkte ergab sich in der Praxis im Mittel eine geringere Schalldämmung als in den Labormessungen. Um die Benutzung von Gehörschutz in der Praxis zu verbessern, sollten Beschäftigte bei Unterweisungen im Betrieb oder bei der arbeitsmedizinischen Vorsorge auf die erforderliche Sorgfalt beim Ein- und Aufsetzen von Gehörschutz hingewiesen werden. Dies gilt insbesondere, wenn vor Gebrauch zu formende Gehörschutzstöpsel verwendet werden.<sup>21</sup>

14 Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz-Verordnung vom 6. März 2007, zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960)

15 BGR/GUV-R 194 Benutzung von Gehörschutz, Herausgegeben vom Sachgebiet „Gehörschutz“ im Fachausschuss „Persönliche Schutzausrüstungen“ der DGUV, vorläufige Fassung Mai 2011; Bezeichnung seit Mai 2014: DGUV Regel 112-194

16 DIN EN 352 Gehörschützer – Allgemeine Anforderungen – Teil 1: Kapselgehörschützer, Teil 2: Gehörschutzstöpsel, Teil 3: An Industrieschutzhelmen befestigte Kapselgehörschützer usw.

17 SNR = Single Number Rating, HML = High, Middle, Low

18 DIN ISO 4869-1, Laborverfahren für die subjektive Bestimmung der Dämmwirkung.

19 Die Forschungsinstitute der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) haben neue Namen und -kürzel erhalten. So trägt seit 1. Jan. 2010 das bisherige „BGIA“ in St. Augustin den Namen „Institut für Arbeitsschutz der DGUV“ und führt das Kürzel „IFA“.

20 BIA-Report 5/89, Schalldämmung von Gehörschützern in der betrieblichen Praxis. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Sankt Augustin 1989

21 BGIA-Report 4/2009, Schalldämmung von Gehörschützern in der betrieblichen Praxis-Studie von 2005 bis 2007

In der Praxis werden die im Laborverfahren ermittelten Werte aus den verschiedensten Gründen, auch bei der Benutzung von Gehörschutz-Otoplastiken, nicht erreicht. Die individuelle Dämmwirkung kann deutlich geringer ausfallen. Vereinzelt wurden seitentauschte (rechts/links vertauscht) oder im „richtigen“ Ohr, jedoch um 180° verdreht eingesetzte Gehörschutz-Otoplastiken beobachtet, was auf eine mangelhafte Einweisung oder nur gelegentliche Nutzung der Gehörschutz-Otoplastik schließen lässt. Wird die Gehörschutz-Otoplastik nicht korrekt getragen, kann sie durchaus auch völlig wirkungslos sein.

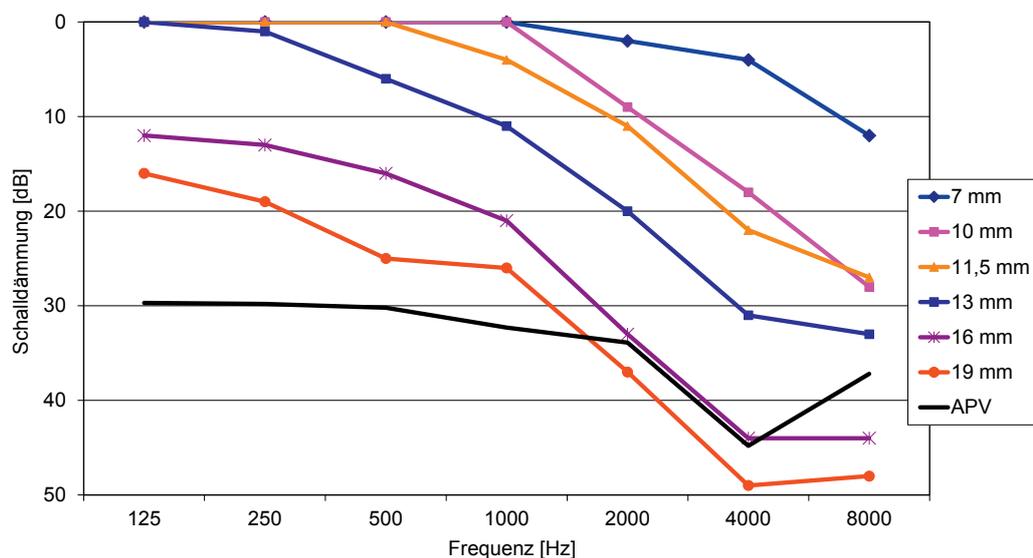
Bei Untersuchungen<sup>22</sup> zur Schalldämmung von hochdämmenden Gehörschutz-Stöpseln zeigte sich, dass die Schalldämmung mit Verringerung der Einstecktiefe zuerst bei tiefen Frequenzen und dann zunehmend auch bei höheren Frequenzen abnimmt. Aus den frequenzabhängigen Dämmwerten wurden die Kennwerte, SNR-, H-, M- und L-Wert berechnet und zusammen mit den zugehörigen Einstecktiefen in **Tabelle 1** zusammengestellt.

**Abbildung 1** enthält Daten aus Tabelle 1 und zeigt als Beispiel die Schalldämmung eines hochdämmenden Schaumstoff-Gehörschutz-Stöpsels in Abhängigkeit von der Einstecktiefe des Stöpsels in den Gehörgang.<sup>23</sup>

**Abbildung 2** dient der Erläuterung der Einstecktiefe des Gehörschutzstöpsels in den Gehörgang. Referenzpunkt ist der Gehörgangeingang.

**Tabelle 1:** Kennwerte H, M, L, SNR in Abhängigkeit von der Einstecktiefe des Gehörschutz-Stöpsels in den Gehörgang. Die Kennwerte wurden aus den frequenzabhängigen Dämmwerten bestimmt. Entsprechend EN ISO 4869-2:1995<sup>24</sup> wurden für die Abschätzung die 125 Hz-Werte auch bei 63 Hz verwendet.

Einstecktiefe [mm]	H-Wert [dB]	M-Wert [dB]	L-Wert [dB]	SNR-Wert [dB]
7	3	1	0	4
10	8	2	1	6
11,5	11	4	1	8
13	19	9	4	13
16	29	20	16	24
19	35	26	21	30
<b>Baumusterprüfung</b>	<b>36</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>36</b>

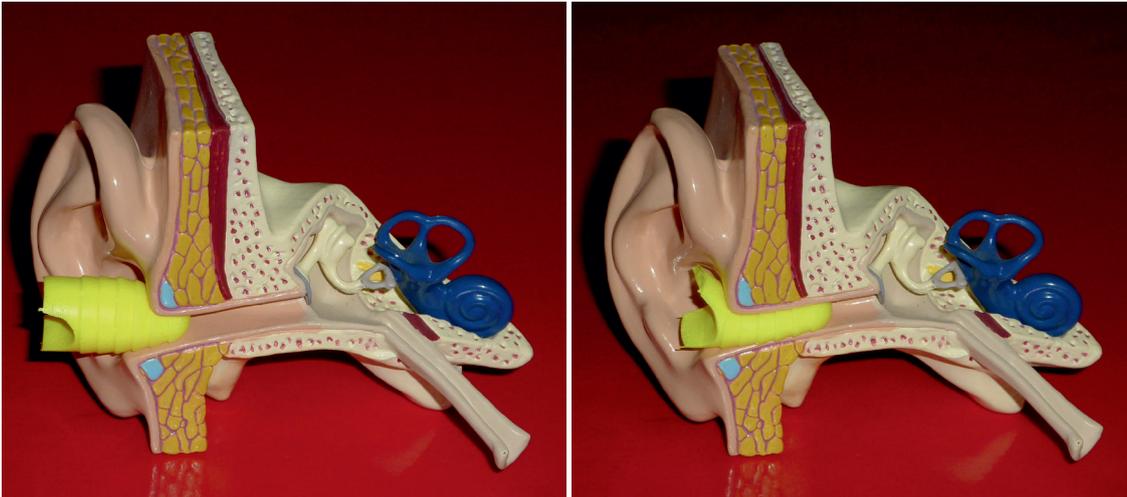


**Abbildung 1:** Schalldämmung eines Schaumstoff-Gehörschutz-Stöpsels in Abhängigkeit von der Einstecktiefe in den Gehörgang (APV = Angenommene Schutzwirkung = Mittlere Dämmung minus Standardabweichung nach Baumusterprüfung)

22 Weiß, R., Unveröffentlichte Labortests mittels Hörschwellenmessung, 12/2004

23 Weiß, R., Wirksamkeit von Gehörschutz, BGHM-BK-Erfahrungsaustausch, Otzenhausen, Juli 2013

24 DIN EN ISO 4869-2:1995-08, Akustik - Gehörschützer – Teil 2: Abschätzung der beim Tragen von Gehörschützern wirksamen A-bewerteten Schalldruckpegel (ISO 4869-2:1994); Deutsche Fassung EN ISO 4869-2:1995

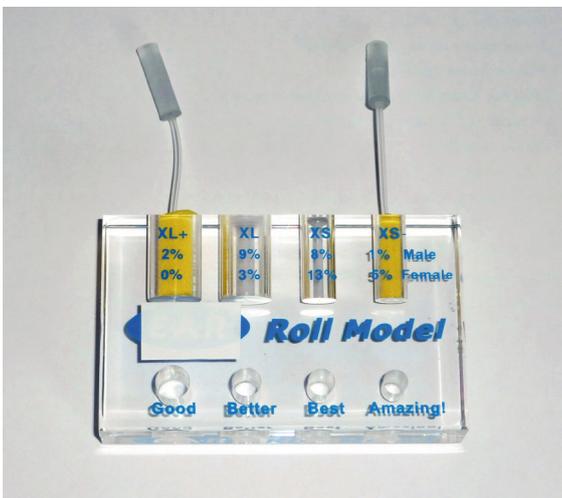


**Abbildung 2:** Darstellung zur Erläuterung der Einstecktiefe des Gehörschutzstöpsels in den Gehörgang (links: ca. 7 mm, rechts: ca. 19 mm).

Nicht nur die Einstecktiefe des Gehörschutz-Stöpsels in den Gehörgang wirkt sich auf die resultierende Schalldämmung aus. Zum Einsetzen in den Gehörgang werden Gehörschutz-Stöpsel aus Dehnschaumstoff zusammengerollt. Nach der Rückstellung bleibt eine Restkompression des Schaumstoffs erhalten. Aus der besseren Abdichtung gegenüber der Gehörgangswandung und der stärkeren Kompression des Stöpselmaterials können unterschiedliche Schalldämmungen resultieren.

Für die Bestimmung der individuellen, persönlichen Schalldämmung eines Gehörschützers ermittelt man den PAR-Dämmwert (Personal Attenuation Rating). Der hier angeführte PAR basiert auf einer einzelnen Messung, der PAR entspricht einer Einzelperson SNR-Messung (Single Number Rating) gemäß ISO 4869. Er ist wie ein SNR-Wert berechnet, jedoch individuell für die betroffene Person und ohne Standardabweichungskorrektur.

An einem Übungsmodell<sup>25</sup> (siehe **Abbildung 3**) mit geraden Gehörgängen mit unterschiedlichen Durchmessern wurden PAR-Dämmwerte mit dem EARfit-Messsystem<sup>26</sup> bestimmt. Für unterschiedlich stark komprimierte Gehörschutz-Stöpsel konnten voneinander abweichende Schalldämmungen (PAR-Dämmwerte) gemessen werden.



**Abbildung 3:** Roll Model, Acrylglas-Modell zum Üben des Einführens von zusammengerollten Schaumstoff-Gehörschutzstöpseln in verschieden weite Gehörgänge.

Damit der Schaumstoffstöpsel in die Bohrung XL+ passt, muss der Durchmesser des Gehörschutz-Stöpsels um den Faktor 1,17 verringert werden. Mit dem EARfit-Messsystem erhält man in dieser Konstellation einen PAR-Dämmwert von 23 dB. Für den in die Bohrung XS- eingebrachten Stöpsel (Faktor 1,93) erhält man einen PAR von 27 dB. Der höhere Dämmwert resultiert aus der Kompression des Materials und der besseren Abdichtung gegenüber der Wandung der Bohrung des Übungsmodells. Dies bestätigen auch die deutlich höheren Dämmwerte der stärker komprimierten Gehörschutzstöpsel bei den tiefen Frequenzen und die daraus berechneten M- und L-Werte (M: 19 dB bzw. 27 dB und L: 15 dB bzw. 25 dB).<sup>27</sup>

<sup>25</sup> EAR Roll Model zum Üben des Einführens zusammengerollter Gehörschutz-Stöpsel in den Gehörgang

<sup>26</sup> EARfit = 3M E-A-Rfit Validation System, MIRE-Messsystem (Microphon In Real Ear)

<sup>27</sup> R. Weiß, unveröffentlicht, Laboruntersuchungen mit dem EARfit-Messsystem, März 2014

## 3. Vorbereitung der Feldstudie

### 3.1 Datenschutz

#### Datenschutz

Für die Erhebung personenbezogener Daten wurde den Studienteilnehmenden eine entsprechende Datenschutzerklärung erläutert und sie wurden um ihre Zustimmung dazu gebeten. Die Teilnahme erfolgte nur nach schriftlicher Einwilligung und in jedem Fall freiwillig. Die Datenschutzerklärung ist im Anhang, Kapitel 10, beigefügt.

#### Datenerfassung

Zur Datenerfassung dienten:

- Fragebögen, die von den Teilnehmenden ausgefüllt wurden. Falls erforderlich, wurden sie von Beschäftigten der Berufsgenossenschaft unterstützt.
- Einwilligungserklärungen, mit denen die Teilnehmenden ihre Zustimmung zur Einsicht und Nutzung der Gehörvorsorge-Untersuchungsberichte (Audiometriekurven der G 20-Untersuchung) gegeben hatten.
- Untersuchungsbögen (Audiometrie) zur Abschätzung der Veränderung der Hörschwelle der Teilnehmenden im jeweiligen Untersuchungszeitraum zwischen zwei Gehörvorsorge-Untersuchungen.
- Nichtflüchtige Speicher der Messgeräte, mit denen die Lärmbelastung am Arbeitsplatz ermittelt und die Frequenzzusammensetzung der Geräusche gemessen wurde.

#### Datenverarbeitung

Die Daten wurden so anonymisiert, dass keine Rückschlüsse auf einzelne Studienteilnehmende möglich sind. Zur Speicherung und Aufbereitung wurden die vorliegenden Daten in ein Standard-PC-Programm übertragen. Die Weiterverarbeitung und Verdichtung der Daten sowie deren Darstellung in Tabellen oder Diagrammen erfolgte ebenfalls mit dieser Standardsoftware.

### 3.2 Auswahl der Betriebe

Die Empfehlungen/Anregungen zum Einsatz von Gehörschutz-Otoplastiken für Versicherte mit zeitweilig oder andauernd hohen Lärmpegeln am Arbeitsplatz wurden über die jeweils für die Betriebe zuständigen Aufsichtspersonen an die Hauptabteilung Prävention herangetragen. Die Ausstattung mit Gehörschutz-Otoplastiken sollte gleichermaßen für normalhörende und hörgeschädigte Beschäftigte erfolgen.

Die Rahmenbedingungen für die Durchführung der Studie, die Kriterien für die Auswahl der Studienteilnehmenden und der Ablauf der Untersuchungen im Betrieb wurden gemeinsam mit den Vertretern der Geschäftsleitung, den Betriebsärzten, den Sicherheitsfachkräften der Betriebe, den Betriebsräten sowie den Aufsichtspersonen und anderen Beschäftigten der Berufsgenossenschaft festgelegt.

### 3.3 Studienteilnahme, Fallgruppen

Es wurden drei Ausschlusskriterien<sup>28</sup> für Beschäftigte, die bei der Studie nicht berücksichtigt werden konnten, festgelegt: Lebensalter nahe Rentenalter (62 Jahre und älter), Lärmexposition am Arbeitsplatz kleiner oder gleich 85 dB(A) oder die Beschäftigten waren bereits Otoplastik-Träger. Die endgültige Auswahl für die Teilnahme an der Studie erfolgte gemäß dem nachfolgenden Schema (**Abbildung 4**).

#### Untersuchungskollektiv – Fallgruppen

Es konnten 103 Beschäftigte aus vier Mitgliedsbetrieben für die Teilnahme an der Langzeit-Studie gewonnen werden. Diese lassen sich in vier Fallgruppen F() einteilen:

- F(1) Weibliche und männliche Beschäftigte der Blechverarbeitungsbranche
- F(2) Männliche Beschäftigte aus der Branche Behälterbau
- F(3) Männliche Beschäftigte aus der Metallbe- und -verarbeitungsbranche (Mitgliedsbetrieb A)
- F(4) Männliche Beschäftigte aus der Metallbe- und -verarbeitungsbranche (Mitgliedsbetrieb B)

Etwa 50 % der 103 Studienteilnehmenden standen zehn und mehr Jahre für die Langzeit-Studie zur Verfügung. Die kürzeste Studienteilnahme lag bei drei, die längste bei zwölf und die mittlere bei 9,3 Jahren  $\pm$  2,4 Jahren<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> Anmerkung: Die Ausschlusskriterien wurden im Einvernehmen mit den Betriebsleitungen, Betriebsärzten und Betriebsräten verbindlich abgestimmt.

<sup>29</sup> arithm. Mittelwert und Standardabweichung

Lediglich in der Fallgruppe 1 (Beschäftigte der Blechverarbeitungsbranche) standen 13 Studienteilnehmerinnen und 15 Studienteilnehmer längerfristig zur Verfügung. Der Anteil der Studienteilnehmerinnen lag, bezogen auf die Gesamtteilnehmerzahl, bei 12,5 %. Für wenige spezielle Fragestellungen<sup>30</sup> wurden nur die Entscheidungen der Fallgruppe 1 mit etwa gleicher Anzahl an Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmern, ausgewertet.

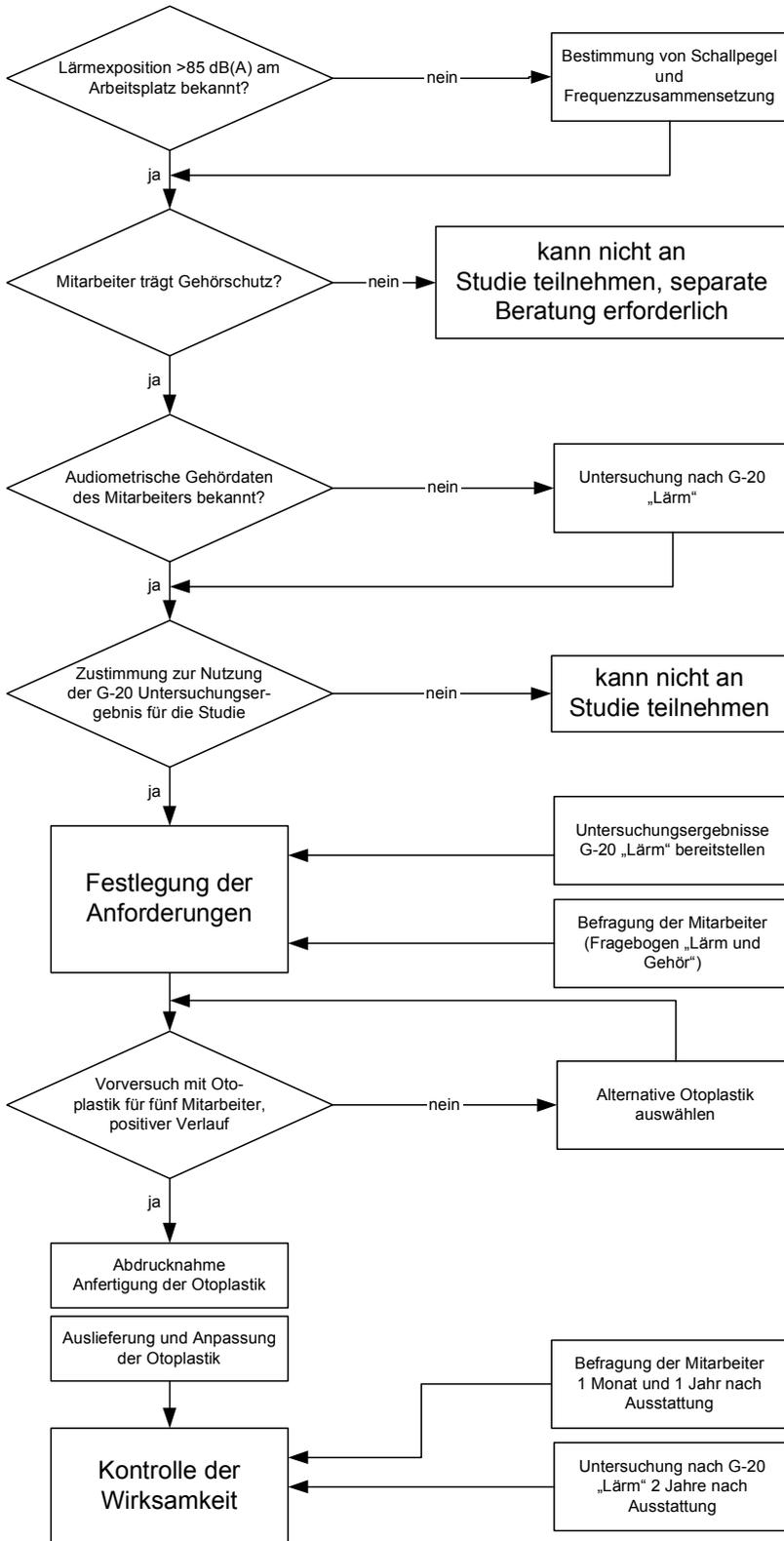


Abbildung 4: Auswahlschema für die Teilnahme an der Studie.

30 z. B. Entscheidung für eine harte oder weiche Otoplastik

## 3.4 Auswahl geeigneter Gehörschutz-Otoplastiken

### 3.4.1 Anforderungen, Vorschläge, Beschaffung

Firmenvertreter, Betriebsärzte, Sicherheitsfachkräfte und Betriebsräte wurden über die am deutschen Markt verfügbaren Gehörschutz-Otoplastiken informiert. Die Anforderungen an die Gehörschutz-Otoplastiken wurden nach den an den Arbeitsplätzen gemessenen Tages-Lärmexpositionspegeln, der Frequenzzusammensetzung der Arbeitsgeräusche und dem „Hörvermögen“ der Beschäftigten festgelegt.

Bei den Otoplastik-Herstellern wurden jeweils die aktuellen Lieferdaten wie Preis, Rabattstaffel, Lieferzeit, Art der Auslieferung sowie die Durchführung einer funktionalen Prüfung abgefragt. Soweit möglich, wurden zwei ortsansässige Hörgeräte-Akustiker und die Wünsche der Betriebe berücksichtigt.

Die Auswahl erfolgte aus dem Angebot von zwölf Otoplastik-Herstellern mit insgesamt 16 verschiedenen Ausführungen, in hartem oder weichem Material und mit unterschiedlichen Filterelementen, zur Anpassung der Schalldämmung an den jeweiligen Tages-Lärmexpositionspegel des Arbeitslärms. Bei Gehörschutz-Otoplastiken mit auswechselbarem akustischem Filter konnte aus bis zu acht unterschiedlichen dämmenden akustischen Filtern ausgewählt werden. Es konnte auch ein einstellbares Ventil als akustisches Filterelement gewählt werden. Für jeden Betrieb wurde eine Vorschlagsliste mit drei Otoplastik-Herstellern bzw. -Lieferanten und, soweit möglich, zwei ortsansässigen Hörgeräte-Akustikern erstellt.

### 3.4.2 Entscheidung für eine Gehörschutz-Otoplastik

Die Entscheidung wurde auf sehr unterschiedliche Art und Weise getroffen:

- nach Diskussion der Vorschlagsliste
- nach Vergleich der Hersteller/Lieferanten der Vorschlagsliste mit dem vorher vom Betrieb selbst vorgeschlagenen Lieferanten
- nach Produktpräsentation durch Hersteller bzw. Lieferanten der Vorschlagsliste
- nach mehrtägigen Trageversuchen mit unterschiedlichen Gehörschutz-Otoplastiken

Nach der Entscheidung für einen Otoplastik-Hersteller und der Festlegung der Bezugsquelle wurden die Studienteilnehmenden informiert und zur Ohr- und Gehörgangsabformung einbestellt. Im Rahmen dieser Termine wurden die Studienteilnehmenden in die Anwendung und Handhabung der Gehörschutz-Otoplastik eingewiesen.

Die Studienteilnehmenden konnten über die Ausführung als harte oder weiche Otoplastik selbst entscheiden. Die Schalldämmung der Gehörschutz-Otoplastik wurde durch Vorgabe des einzusetzenden akustischen Filters festgelegt. Es bestand das Angebot, bei Bedarf das akustische Filterelement auszutauschen, um die Schalldämmung der Gehörschutz-Otoplastik den Wünschen und weiteren Erfordernissen anzupassen.

Durch das Einbeziehen der Studienteilnehmenden und die „freie“ Entscheidungsmöglichkeit zwischen harter oder weicher Otoplastik sowie die schnelle Lösung von Nutzungsproblemen durch den Otoplastik-Hersteller wurde eine hohe Akzeptanz erreicht. Die Möglichkeit der Anpassung der Schalldämmung der Gehörschutz-Otoplastik an das eigene Schutzbedürfnis im Rahmen der arbeitsplatzbezogenen erforderlichen Schutzwirkung hat ebenfalls wesentlich zur Zufriedenheit und Trageakzeptanz bei den Beschäftigten beigetragen.

Die Entscheidung, welche Gehörschutz-Otoplastik zum Einsatz kommen sollte, wurde vom „Betrieb“ bzw. den Studienteilnehmenden getroffen. Die Berufsgenossenschaft hat keinen Einfluss auf die Entscheidung genommen. Alle Studienteilnehmenden eines Betriebs wurden von nur einem Otoplastik-Hersteller ausgestattet. Die Gehörschutz-Otoplastiken für die Studienteilnehmenden wurden unabhängig von der Art der Gehörschutz-Otoplastik und vom gewählten Lieferanten von der Berufsgenossenschaft bezuschusst.

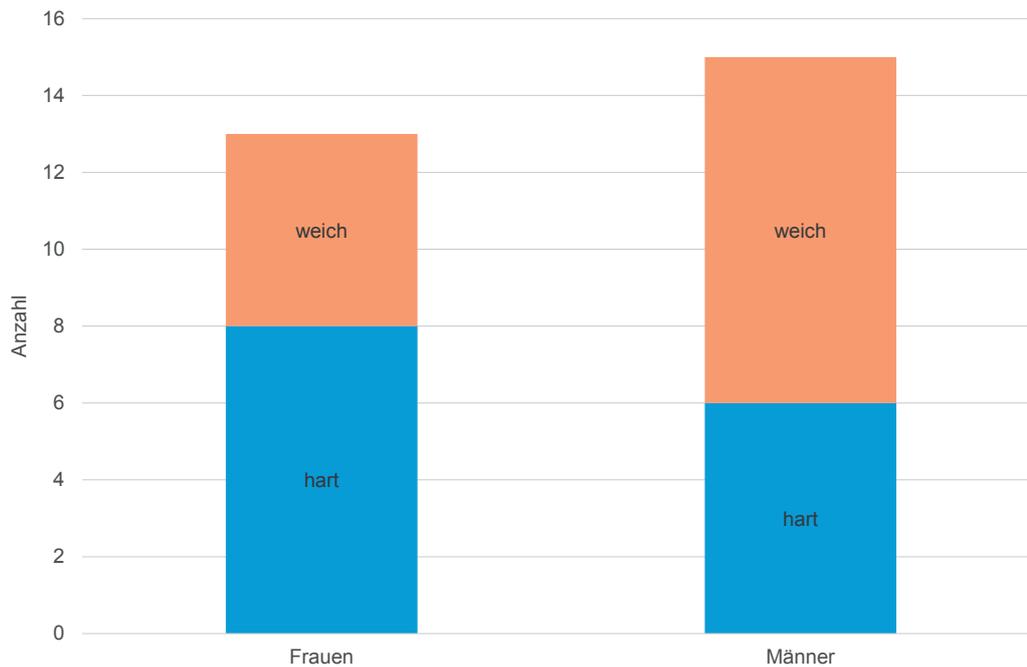
### 3.4.3 Otoplastikmaterial – hart oder weich ?

#### Blechverarbeitung (Fallgruppe 1, Kurzform: „Blech“)<sup>31</sup>

Von 13 Frauen entschieden sich acht für eine Gehörschutz-Otoplastik aus hartem Material (Acrylat) und fünf für eine Gehörschutz-Otoplastik aus weichem Material (Silikon). Die Entscheidung der Männer fiel auf sechs Otoplastiken aus hartem und neun aus weichem Material (Abbildung 5). Statistisch auf Signifikanz bewertet (CHI<sup>2</sup>-Test)<sup>32</sup> hatte das Geschlecht der Studienteilnehmenden keinen Einfluss auf die Entscheidung für eine Otoplastik aus hartem oder weichem Material. Ein grober Trend lässt sich jedoch aus **Abbildung 5** ableiten.

Die Entscheidung für eine harte oder weiche Gehörschutz-Otoplastik war auch unabhängig von (Fallgruppe 1):

- dem Tages-Lärmexpositionspegel
- dem Lebensalter
- einem gemeldeten BK-Verdacht
- einer anerkannten Berufskrankheit



**Abbildung 5:** Verteilung der Entscheidung für eine Gehörschutz-Otoplastik aus hartem oder weichem Material (Fallgruppe 1, n = 28, Branche: Blechverarbeitung).

Lediglich eine Teilnehmerin erhielt auf eigenen Wunsch in der „Eingewöhnungsphase“ (zwei Wochen nach Erst-Ausstattung) statt der zuerst gewünschten harten Gehörschutz-Otoplastik eine aus weichem Material. Die Hintergründe dieser Entscheidung konnten nicht geklärt werden.

#### Behälterbau (Fallgruppe 2, Kurzform: „Behälter“)

Im Behälterbau wurden während der Studiendauer etwa 40 % der ursprünglich harten Gehörschutz-Otoplastiken durch weiche Otoplastiken ersetzt. Die ersten Gehörschutz-Otoplastiken wurden nach einer ca. dreijährigen Einsatzdauer ausgetauscht. Die Entscheidungen wurden auf Grund der vermeintlich besseren Abdichtung des Gehörgangs und daraus resultierenden höheren Schalldämmung bei häufigen Kopfbewegungen und Überkopfarbeit gefällt.

#### Metallbe- und -verarbeitung (Fallgruppen 3 und 4, Kurzform: „Metall“)

Von den nur männlichen Studienteilnehmenden der Fallgruppe 3 wurden weiche Gehörschutz-Otoplastiken gewählt. Die Gründe für die Entscheidung sind nicht bekannt.

Fallgruppe 4, nur männliche Teilnehmer, entschied sich nach Trageversuchen für die weiche Otoplastik. Als Hauptgrund für diese Entscheidung wurde die vermeintlich bessere Abdichtung des Gehörgangs bei häufiger Überkopfarbeit der Teilnehmergruppe angeführt.

<sup>31</sup> Die Fallgruppe 1 setzte sich aus 13 Teilnehmerinnen und 15 Teilnehmern mit ähnlicher Altersstruktur und vergleichbarem Tages-Lärmexpositionspegel zusammen.

<sup>32</sup> Der CHI<sup>2</sup>-Test liefert einen Wert von 1,25; für P=0,10 wäre ein Wert von mindestens 2,71 notwendig.

### 3.4.4 Herstellung und Anpassung der Gehörschutz-Otoplastiken

#### Herstellungsverfahren

Die Gehörschutz-Otoplastiken wurden in den untersuchten Anwendungsfällen nach dem traditionellen PNP-Verfahren<sup>33</sup> angefertigt, welches hier kurz beschrieben ist:

Die Ohrmuschel, der Gehörgang und das Trommelfell wurden besichtigt. Vor der Abformung wurde eine Tamponade vor dem Trommelfell platziert und deren richtiger Sitz kontrolliert. Vom Gehörgang und der Ohrmulde wurde eine Silikonabformung angefertigt. Die ausgehärtete Silikonabformung wurde vorsichtig entfernt und diente als „Rohling“ für die Herstellung der eigentlichen Gehörschutz-Otoplastik. Beim Bezug der Gehörschutz-Otoplastik über einen Lieferanten wurde die Abformung vom Lieferanten an den Hersteller geschickt; dieser sandte die fertige Gehörschutz-Otoplastik an den Lieferanten zurück. Die weiteren Arbeitsschritte bei der Herstellung der Gehörschutz-Otoplastik sind gleich.

Vom Rohling wird überschüssiges Material abgetrennt. Anschließend wird der Rohling in ein Wachsbad getaucht; hierdurch werden Unebenheiten und kleine Fehlstellen ausgeglichen sowie ein geringfügiges „Übermaß“ erzeugt. Die Präzision der daraus angefertigten Negativform ist für alle weiteren Arbeitsgänge von entscheidender Bedeutung. Über diese Zwischenform wird dann die geringfügig größere Gehörschutz-Otoplastik angefertigt. Durch Schleifen und Polieren wird die endgültige Form und Größe der Gehörschutz-Otoplastik erreicht.

Als Werkstoff für die Gehörschutz-Otoplastik wurde entweder Silikon (weiche Otoplastik) oder Acrylat (harte Otoplastik) verwendet, das mit einer Lackschicht zur weiteren Verbesserung der Hautverträglichkeit überzogen wurde.

Mit einer Gehörschutz-Otoplastik können hohe Schalldämmungen von ca. 30 dB bei tiefen und 45 dB bei hohen Frequenzen erreicht werden. Zur Anpassung der Gehörschutz-Otoplastik an den Arbeitsplatzlärm wurden die Otoplastiken durchbohrt und in die Bohrung geeignete Filterelemente eingesetzt. Branchenabhängig wurden je nach Tages-Lärmexpositionspegel und Frequenzspektrum der Geräusche z. T. sehr unterschiedliche Dämmkurven benötigt. Die Anpassung der Schalldämmung der Gehörschutz-Otoplastik an die jeweilige Lärmsituation erfolgte durch den Einsatz unterschiedlicher akustischer Filterelemente.

Für die Studienteilnehmenden standen alternative Bauformen zur Verfügung:

- vom „Im-Ohr-Modell“, welches nahezu komplett im Ohrkanal sitzt und tief in den Gehörgang hinein reicht,
- bis zum „Concha“-Modell, welches nicht so tief in den Gehörgang ragt und dafür die komplette Ohrmulde ausfüllt.



**Abbildung 6:** Bauformen von Gehörschutz-Otoplastiken, von links nach rechts: Im-Ohr-Form (weich, Silikon), Mischform „Halbconcha“ (hart, Acrylat), Mischform „Halbconcha“ (weich, Silikon) und Concha-Form (hart, Acrylat). Die Abbildung zeigt nicht die in der Studie eingesetzten Otoplastiken. Sie zeigt Beispiele verschiedener am Markt erhältlicher Bauformen von Gehörschutz-Otoplastiken.

<sup>33</sup> PNP-Verfahren = Positiv-Negativ-Positiv-Verfahren. Die Einzelschritte bis zur fertigen Gehörschutz-Otoplastik erfordern ein hohes handwerkliches Geschick.

**Abbildung 6** zeigt Beispiele verschiedener am Markt erhältlicher Bauformen von Gehörschutz-Otoplastiken und diente lediglich der Erläuterung und Unterstützung bei der Auswahl der Gehörschutz-Otoplastik durch die Studienteilnehmenden (siehe Abschnitt 3.4.1 Anforderungen, Vorschläge, Beschaffung).

### Auslieferung, Anpassung

Die Auslieferung und Anpassung erfolgte durch den Otoplastik-Hersteller, der den Sitz und die Passform der Gehörschutz-Otoplastik kontrollierte und auch eine funktionale Prüfung durchführte. Mit den Studienteilnehmenden wurden dabei das Einsetzen und Herausnehmen der Gehörschutz-Otoplastik geübt.

Lediglich bei einem metallbe- und -verarbeitenden Betrieb erfolgte die Auslieferung der Gehörschutz-Otoplastik durch Zusendung der Otoplastiken durch den Lieferanten. Die Verteilung der Gehörschutz-Otoplastiken an die Studienteilnehmenden erfolgte durch die Sicherheitsfachkraft des Betriebs. Die funktionale Prüfung der Gehörschutz-Otoplastik wurde daher nicht zeitgleich mit der Auslieferung, sondern erst ca. 6 Monate nach Auslieferung<sup>34</sup> durchgeführt.

Nach TRLV Lärm und DGUV Regel 112-194 (vorher BGR 194) wird die vom Hersteller angegebene, also die bei der Baumusterprüfung ermittelte Schalldämmung, in der Praxis häufig nicht erreicht. Eine funktionale Prüfung ist, auch wenn damit zusätzliche Kosten verbunden sind, zur Sicherstellung einer wirksamen Schutzfunktion der Gehörschutz-Otoplastik unerlässlich. Da sich der Gehörgang im Laufe der Zeit weiten kann, ist zusätzlich eine jährliche Funktionsprüfung durch den Hersteller empfehlenswert.<sup>35</sup>

Während der zwölfjährigen Studiendauer wurde die funktionale Prüfung von Gehörschutz-Otoplastiken durch die bereits erwähnte TRLV Lärm vom BMAS als Erstprüfung (= Prüfung bei Auslieferung<sup>36</sup>) und als Wiederholungsprüfung durch den Unternehmer<sup>37</sup> zwingend vorgeschrieben, was wir auch aus Sicht der Qualitätsprüfung sehr begrüßen. Diese Prüfung kann als Überdruck-Methode oder akustische Methode durchgeführt werden.

### 3.5 Verfahren der funktionalen Prüfung

Es sind verschiedene Verfahren zur funktionalen Prüfung von in das Ohr eingesetzten Gehörschutz-Otoplastiken bekannt.<sup>38</sup> Bei der funktionalen Prüfung kann sowohl die Dichtigkeit der Gehörschutz-Otoplastik gegenüber dem Ohr/Gehörgang als auch die „Schalldämmung“<sup>39</sup> der Gehörschutz-Otoplastik bestimmt werden.

Bei der abgeschlossenen Studie wurden zwei akustische Verfahren (Audiometrie, Ear-Seal-Integrity)<sup>40</sup> und zwei Überdruck-Verfahren (Leckprüfgerät, Dichtigkeitsprüfer)<sup>41</sup> zur funktionalen Prüfung der Gehörschutz-Otoplastiken eingesetzt. Eine Kurzbeschreibung der Verfahren folgt in den nachstehenden Abschnitten.

#### Akustisches Verfahren (Ear-Seal-Integrity-Test)

Zur Prüfung wird der akustische Filter entfernt und ein Schlauch in die Bohrung in der Gehörschutz-Otoplastik gesteckt. Am offenen Schlauchende wird ein Mess-Mikrofon angeschlossen. Ein zweites Mess-Mikrofon wird in der Nähe der in das Ohr eingesetzten Gehörschutz-Otoplastik platziert. Diese Anordnung wird dann mit einem Tiefton-Generator mit Lautsprecher<sup>42</sup> aus einer Entfernung von ca. 30 cm beschallt. Aus der hierbei gemessenen Pegeldifferenz zwischen beiden Mikrofonen wird die „Schalldämmung“ abgeschätzt.

Die Werte der Schalldämmung verhalten sich proportional zur Dichtigkeit der Gehörschutz-Otoplastik gegenüber dem Ohr/Gehörgang. Das eingesetzte Messgerät verfügte über zwei verschiedene Mess-Modi (Occlusion Effect Mode = Dämmung, Seal Integrity Mode = Dichtigkeit). In der Studie kam jedoch nur der Seal-Integrity-Testmode zur Anwendung.

34 Allgemeine Präventionsleitlinie „Gehörschutz“ Auswahl, Bereitstellung und Benutzung, Herausgeber: Fachausschuss „Persönliche Schutzausrüstungen“ der DGUV (2009)

35 BIA-Info 7/2000, Otoplastik – ein spezieller Gehörschutz, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, Sankt Augustin

36 Die Prüfung bei Auslieferung liegt in der Verantwortung des Herstellers (Inhaber der Baumusterprüfbescheinigung), da dieser nach der PSA-Richtlinie 89/686/EWG nur Produkte mit ausreichender Schutzwirkung in den Verkehr bringen darf.

37 Für die wiederkehrenden Funktionskontrollen ist der Unternehmer verantwortlich, der nach §8 der LärmVibrationsArbSchV den Zustand des Gehörschutzes regelmäßig prüfen muss.

38 Weiß, R., Studie zur Schutzwirkung von Gehörschutz-Otoplastiken, Herstellung, Wartung sowie Marktrecherche und Feldstudie zur funktionalen Prüfung von Otoplastiken, BGMS-Präventionsbericht 2/2006

39 Hinweis: Die mittels funktionaler Prüfung bestimmte „Schalldämmung“ ergibt meist einen summierten Dämmwert. Auch bei frequenz-abhängigen Messungen liefern die verwendeten Messverfahren nicht die gleichen Werte für die Schalldämmung, wie sie bei der Baumusterprüfung ermittelt wurden.

40 Audiometrie (REAT, subjektiv), Ear Seal Integrity (MIRE, objektiv)

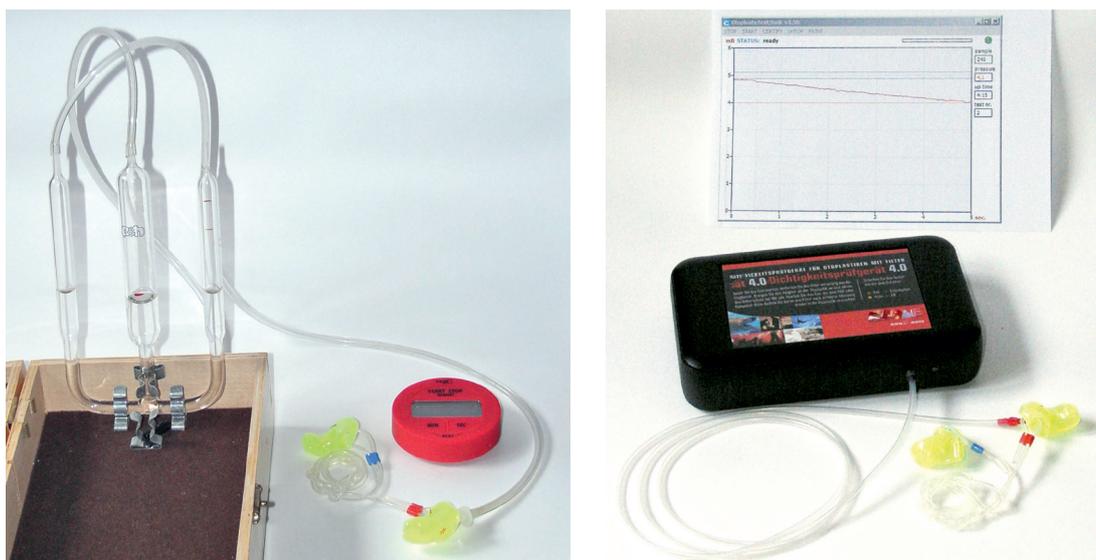
41 Rubo-Akustomat von Jrenum, Dichtigkeitsprüfer von Alpine

42 Frequenzbereich ca. 200 bis 500 Hz

### Überdruck-Verfahren (Leckprüfgerät RUBO-Akustomat, Dichtigkeitsprüfer 4.0, siehe Abbildung 7)

Bei der „Prüfung mittels Überdruck-Verfahren“ kann überwiegend nur die Dichtigkeit der Gehörschutz-Otoplastik gegenüber dem Ohr/Gehörgang bestimmt werden. Zur einfachen und schnellen Prüfung wird zwischen Gehörschutz-Otoplastik und Trommelfell ein geringer Überdruck von bis zu 30 mbar manuell oder automatisch aufgebaut. Bleibt der Überdruck über eine größere Zeitdauer stabil, ist die Dichtigkeit gegeben. Bei einer Undichtigkeit fällt der erzeugte Überdruck mehr oder weniger rasch ab. Bei sehr undichten Otoplastiken kann kein Überdruck aufgebaut werden.

Die Druckmessung wurde zu Beginn der Langzeit-Studie mit einem einfachen flüssigkeitsgefüllten W-Rohr-Manometer durchgeführt. Zur Bestimmung der Dichtigkeit der Gehörschutz-Otoplastik gegenüber dem Ohr/Gehörgang wurde die Zeitdauer bestimmt, die für einen Druckabfall von 15 mmWS<sup>43</sup> benötigt wurde. In den letzten Jahren der Langzeit-Studie wurde anstelle des Flüssigkeitsmanometers ein elektronisches, PC-gesteuertes Druckmessgerät mit PC-gestützter Aufzeichnung und Auswertung des zeitlichen Druckverlaufs eingesetzt.



**Abbildung 7:** Überdruckverfahren, links: Flüssigkeitsgefülltes W-Rohr-Manometer „Leckprüfgerät RUBO-Akustomat“, rechts: PC-gestützter Dichtigkeitsprüfer 4.0 mit USB-Schnittstelle.

<sup>43</sup> mmWS = Millimeter Wassersäule, auch mmH<sub>2</sub>O

## 4. Durchführung von Befragungen und Datensammlung

### Befragung/Fragebogen

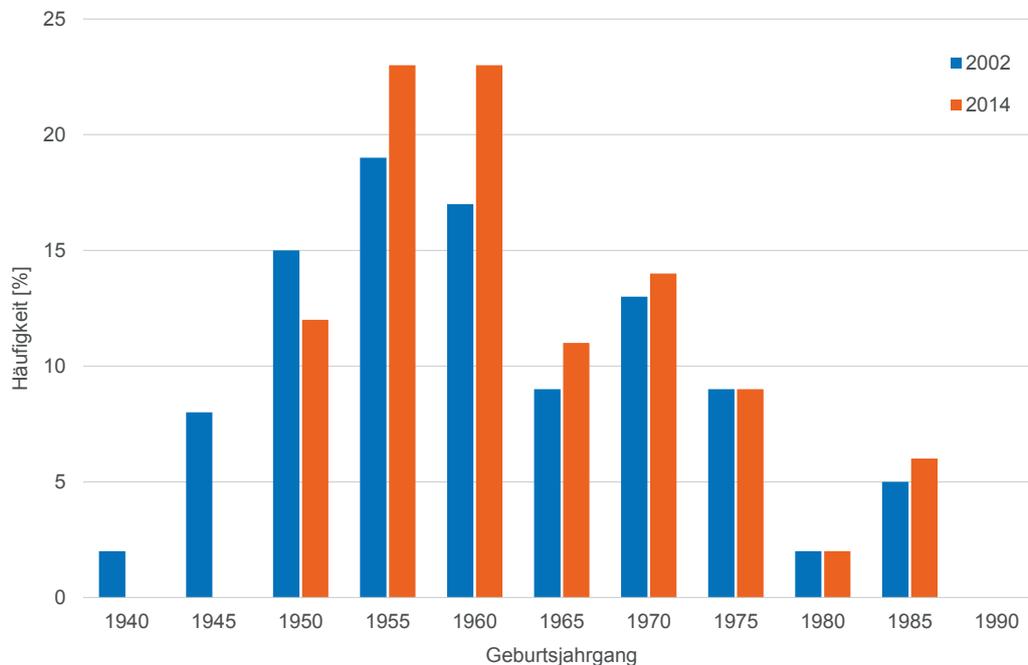
Die Befragungen wurden im April 2002 durch die damalige Süddeutsche Metall Berufsgenossenschaft (SMBG) durchgeführt. Es wurden etwa 50 % der 103 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer in den Jahren 2002 und 2004 detailliert befragt: 28 Studienteilnehmende aus Betrieben der Branchen Blechverarbeitung (2002), 12 aus dem Behälterbau (2004), 13 aus der Metallbe- und -verarbeitung (2004).

Neben Daten zur Person wurde die Einschätzung des Lärms am Arbeitsplatz abgefragt. Im Weiteren wurden Fragen zu den Tragegewohnheiten, den Trageeigenschaften und der „Zufriedenheit“ mit der Gehörschutz-Otoplastik gestellt.

Die erhobenen Daten wurden anonymisiert dargestellt. Ein Rückschluss auf einzelne Studienteilnehmende ist dadurch nicht möglich.

### Altersstruktur

In **Abbildung 8** sind die Verteilungen der Geburtsjahrgänge zu Studienbeginn 2002 und zum Studienende 2014 dargestellt. Zu Studienbeginn lag der Mittelwert der Geburtsjahrgänge bei  $1959 \pm 11$  und zum Studienende bei  $1961 \pm 10$ . Die Verteilung der Geburtsjahrgänge ab 1966 hat sich nur geringfügig verändert. Die größten Änderungen lagen bei den Geburtsjahrgängen vor 1960, da die Jahrgänge vor 1950 schon vor Studienende 2014 ausgeschieden sind (Renteneintritt). So lag das mittlere Alter zu Studienbeginn 2002 bei 43 Jahren und zum Studienende 2014 bei 53 Jahren.



**Abbildung 8:** Verteilung der Geburtsjahrgänge der Studienteilnehmenden zu Studienbeginn (2002) und zum Studienende (2014). Breite der Jahrgangsklassen -4, +0 Jahre (z. B. 1970: von 1966 bis 1970).

### Gehördaten/Audiogramme

Die Studienteilnehmenden sollen ihr „Hörvermögen“ aus eigener Sicht einschätzen und vorhandene Ohrgeräusche und deren zeitliches Auftreten beschreiben (siehe Kapitel 5.2.1).

Zur objektiven Ermittlung des Gehörszustandes und der zeitlichen Veränderung des Gehörs (Gehörentwicklung) wurden die Audiogramme der Gehörsvorsorge-Untersuchungen Lärm I ausgewertet.

Zur Vergleichbarkeit der Daten wurden die Veränderungen der Hörschwellen zwischen jeweils zwei Untersuchungen als Durchschnittswert der Hörschwellenverschiebung pro Jahr ermittelt<sup>44</sup>. Die Auswertung erfolgte frequenzselektiv und für jedes Ohr separat.

<sup>44</sup> Beispiel: Bei den Gehörsvorsorge-Untersuchungen wurde im zeitlichen Abstand von drei Jahren eine um 15 dB angehobene Hörschwelle (Verschlechterung des Gehörs) festgestellt. Daraus errechnet sich eine, für den Zeitraum zwischen den beiden Gehörsvorsorge-Untersuchungen normierte, Verschlechterung von 5 dB pro Jahr.

# 5. Untersuchungsergebnisse

## 5.1 Untersuchungsergebnisse – Lärm

### 5.1.1 Lärmbelastung an den Arbeitsplätzen

#### Subjektiv empfundene Lärmbelastung / Arbeitsplatzdaten zur Lärmbelastung (objektiv und subjektiv)

Die Studienteilnehmenden wurden dazu befragt, welches die Hauptlärmquellen sind und wie dieser Lärm empfunden wird.

Die Befragung, wie der Lärm der Maschinen, Anlagen oder Arbeiten empfunden wurde, lieferte folgendes Ergebnis (zur Einstufung standen drei Attribute zur Auswahl):

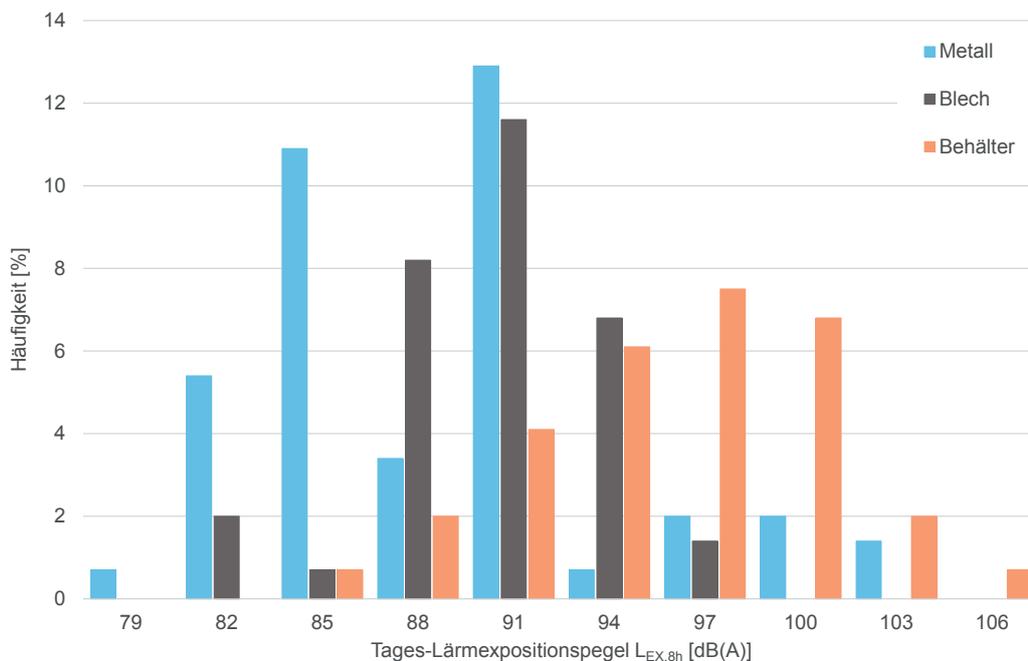
Als „mäßig laut“ bezeichneten 14,3 %, als „laut“ 21,4 % und als „sehr laut“ 60,7 % der Studienteilnehmenden die am Arbeitsplatz auftretenden Geräusche. 3,6 % waren unschlüssig und konnten keine Einschätzung abgeben.

#### Objektiv ermittelte/gemessene Lärmbelastung

Für die Studienteilnehmenden wurden die am derzeitigen Arbeitsplatz vorherrschenden Lärmbelastungen ermittelt. Hierzu wurden die Tages-Lärmexpositionspegel benutzt, die aus Lärmkatastern der Betriebe, vom Betrieb selbst durchgeführten Lärmmessungen sowie Betriebslärmanalysen der Berufsgenossenschaft stammten.

Weitere Messungen zur Ermittlung der Tages-Lärmexpositionspegel wurden während der laufenden Studie durchgeführt. Die ermittelten Tages-Lärmexpositionspegel  $L_{EX,8h}$  lagen für die verschiedenen Arbeitsbereiche zwischen 75 und 106 dB(A). Für die Studienteilnahme musste der Tages-Lärmexpositionspegel 85 dB(A) erreichen oder überschreiten. Der mittlere Tages-Lärmexpositionspegel lag bei 91 dB(A)<sup>45</sup>. Die Verteilungen der Tages-Lärmexpositionspegel für die Betriebe der Branchen Metallbe- und -verarbeitung (Metall, mittl.  $L_{EX,8h}$  bei 88 dB(A)), Blechverarbeitung (Blech, mittl.  $L_{EX,8h}$  bei 89 dB(A)) und Behälterbau (Behälter, mittl.  $L_{EX,8h}$  bei 96 dB(A)) sind in **Abbildung 9** dargestellt.

Lärminderungsmaßnahmen während der Studienlaufzeit durch den Kauf leiserer Geräte, Maschinen und Anlagen brachten teilweise nicht den gewünschten Erfolg. Durch längere Einsatzzeiten und/oder durch die Verdichtung der Maschinenaufstellung (höhere Anzahl von Maschinen bei gleicher Aufstellfläche) wurde keine Absenkung der Tages-Lärmexpositionspegel erzielt.



**Abbildung 9:** Branchenabhängige Verteilung der Tages-Lärmexpositionspegel (Breite der Pegelklassen -2 dB, +0 dB).

<sup>45</sup> mittlerer  $L_{EX,8h}$  = Median aus den gemessenen Tages-Lärmexpositionspegeln aller Arbeitsbereiche, Pegel unter 85 dB(A) wurden nicht berücksichtigt.

### 5.1.2 Schalldämmung der Otoplastiken

Die Anpassung der Schalldämmung der Gehörschutz-Otoplastik an die jeweilige Lärmsituation wurde durch den Einsatz unterschiedlicher akustischer Filterelemente vorgenommen. Acht der elf zur Verfügung stehenden akustischen Filterelemente von verschiedenen Herstellern wurden verwendet. Die Studienteilnehmenden wurden zu Beginn mit Gehörschutz-Otoplastiken mit M-Werten (Dämmwerte nach Baumusterprüfung für mittelfrequente Arbeitsgeräusche) ausgestattet:

- Metallbe- und -verarbeitung (Metall)  $15 \text{ dB} \leq M \leq 19 \text{ dB}$
- Blechbearbeitung (Blech)  $24 \text{ dB} \leq M \leq 30 \text{ dB}$
- Behälterbau (Behälter)  $M = 31 \text{ dB}$

Bei der Entscheidung für eine weiche Otoplastik wurden die vermeintlich bessere Abdichtung des Gehörgangs und die daraus resultierende höhere Schalldämmung bei häufigen Kopfbewegungen und Überkopparbeit angeführt. Eine messtechnische Überprüfung konnte nicht durchgeführt werden. Zum Zeitpunkt der Erst-Ausstattung stand der Berufsgenossenschaft noch kein Messsystem zur Bestimmung der individuellen Schalldämmung (PAR-Dämmwerte) zur Verfügung.

Es konnten nur einige wenige Messungen mit einem Gerät zur Funktionsprüfung (Ear Seal Integrity) an weichen Otoplastiken bei unterschiedlicher Kopfhaltung durchgeführt werden. Bei weichen Gehörschutz-Otoplastiken mit Im-Ohr-Bauform (siehe Abbildung 6), zeigte sich kein signifikanter Einfluss der Kopfhaltung auf die Ergebnisse der durchgeführten Funktionsprüfungen.<sup>46</sup>

Bei harten Concha-Otoplastiken zeigten sich dagegen deutliche Unterschiede. Die Schalldämmung bei in den Nacken gelegtem Kopf (wie z. B. bei Überkopparbeit) fiel deutlich geringer aus als die bei „Normal“-Haltung.<sup>47</sup> Messungen zum direkten Vergleich von harten und weichen Otoplastiken wurden nicht durchgeführt.

#### Ermittlung der Gefährdung des Gehörs und Schutzbedürfnis

Entsprechend LärmVibrationsArbSchV ist der Gehörschutz vom Arbeitgeber so auszuwählen, dass durch seine Anwendung eine Gefährdung des Gehörs vermieden oder auf ein Minimum verringert wird. Dabei muss unter Einbeziehung der dämmenden Wirkung des Gehörschutzes sichergestellt werden, dass der auf das Gehör der Beschäftigten einwirkende Lärm die maximal zulässigen Expositionswerte  $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$  beziehungsweise  $L_{pC,peak} = 137 \text{ dB(C)}$  nicht überschreitet. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Dämmwirkung des Gehörschutzes, die vom betreffenden Arbeitsplatz bzw. dem vorherrschenden Tages-Lärmexpositionspegel und dem Spitzenschalldruckpegel abhängen. Geeignete Auswahlmethoden werden auch in der BGR/GUV-R 194<sup>48</sup> beschrieben.

Die Einhaltung des Tages-Lärmexpositionspegels  $L'_{EX,8h}$  und des Spitzenschalldruckpegels  $L'_{pC,peak}$  kann mit den Dämmwerten aus der Baumusterprüfung und den nachfolgenden Formeln (HML-Check) abgeschätzt werden:

$$L'_{EX,8h} = L_{EX,8h} - M + K_s$$

$$L'_{pC,peak} = L_{pC,peak} - M + K_s$$

M:	Dämmwerte der Gehörschützer nach Baumusterprüfung
$K_s$ :	Praxisabschlag als Korrekturwert der Dämmung (Gehörschutz-Otoplastiken $K_s = 3 \text{ dB}$ )
$L'_{EX,8h}$ :	am Ohr wirksamer Restschallpegel
$L'_{pC,peak}$ :	am Ohr wirksamer Rest-Spitzenschalldruckpegel
$L'_{pC,peak,max}$ :	am Ohr wirksamer maximaler Rest-Spitzenschalldruckpegel bei selten auftretenden Arbeitsvorgängen

Die Grenzwertbetrachtung in unterschiedlichen Arbeitsbereichen der Studienteilnehmenden (**Tabelle 2**, unterer Teil) zeigt, dass nur bei wenigen Ausnahmen der Grenzwert des Tages-Lärmexpositionspegels in Höhe von  $85 \text{ dB(A)}$  am Ohr erreicht oder überschritten wurde. Im Fall der Überschreitung ( $L_{EX,8h} = 101 \text{ dB(A)}$ ) wurde ein höher dämmendes Filterelement ( $M = 15 \rightarrow M = 19$ ) in die Otoplastik eingesetzt. Die Betroffenen fühlten sich dann ausreichend geschützt und nicht sonderlich in der Kommunikation behindert. Sie zeigten keine Auffälligkeiten bei den Gehörvorsorge-Untersuchungen (G 20-Lärm).

<sup>46</sup> Weiß, R., Fallstudie 2012, unveröffentlicht

<sup>47</sup> Weiß, R., Studie zur Schutzwirkung von Gehörschutz-Otoplastiken, Herstellung, Wartung sowie Marktrecherche und Feldstudie zur funktionalen Prüfung von Otoplastiken, BGMS-Präventionsbericht 2/2006

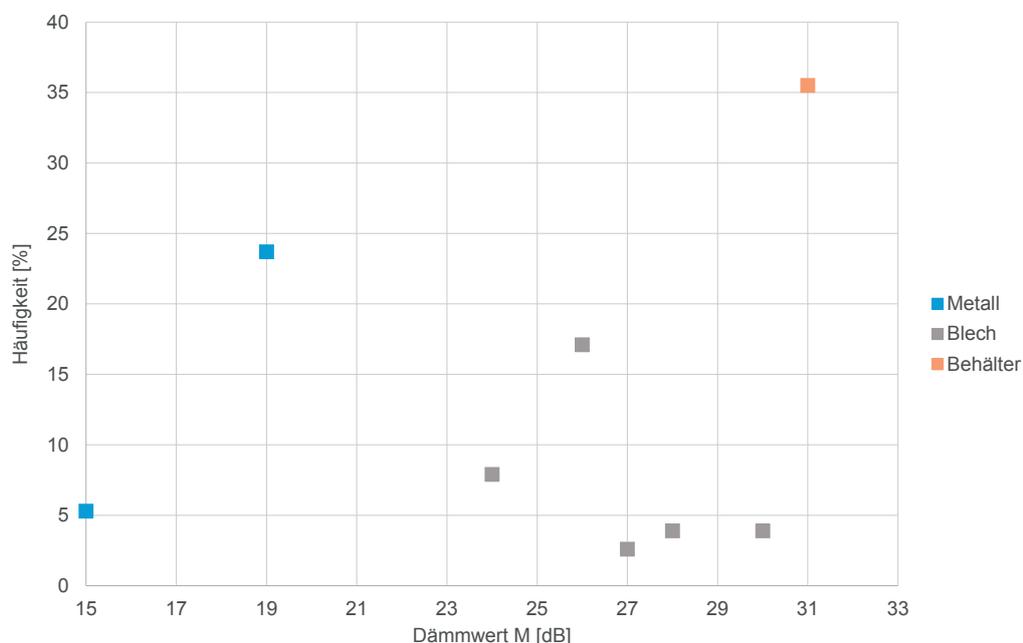
<sup>48</sup> BGR/GUV-R 194 Benutzung von Gehörschutz, Herausgegeben vom Sachgebiet „Gehörschutz“ im Fachausschuss „Persönliche Schutzausrüstungen“ der DGUV, vorläufige Fassung Mai 2011 (Bezeichnung seit Mai 2014: DGUV Regel 112-194)

**Tabelle 2:** Abschätzung der erreichbaren Tages-Lärmexpositions- und Spitzenschalldruckpegel mittels Dämmwertangabe (M-Wert) und HML-Check, Grenzwertbetrachtung: Einhaltung der Expositionspegel am Ohr ( $L'_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ ,  $L'_{pC,peak} = 137 \text{ dB}$ ).

	Metall	Blech	Behälter
Mittlerer Tages-Lärm-expositionspegel	88 - 15 + 3 $L'_{EX,8h} = 76 \text{ dB(A)}$	89 - 24 + 3 $L'_{EX,8h} = 68 \text{ dB(A)}$	96 - 31 + 3 $L'_{EX,8h} = 68 \text{ dB(A)}$
Spitzenschalldruckpegel	114 - 15 + 3 $L'_{pC,peak} = 102 \text{ dB}$	119 - 24 + 3 $L'_{pC,peak} = 98 \text{ dB}$	128 - 31 + 3 $L'_{pC,peak} = 100 \text{ dB}$
Extreme Arbeitsgeräusche (Richten)	122 - 15 + 3 $L'_{pC,peak,max} = 110 \text{ dB}$		134 - 31 + 3 $L'_{pC,peak,max} = 106 \text{ dB}$
Grenzwertbetrachtung Tages-Lärmexpositionspegel am Ohr $L'_{EX,8h}$			
Tages-Lärmexpositions-pegel $L'_{EX,8h}$			
106 dB(A)			106-31+3= 78 dB(A)
101 dB(A)	101-15+3= 89 dB(A)		
101 dB(A)	101-19+3= 85 dB(A)		
97 dB(A)		97-24+3= 76 dB(A)	
97 dB(A)		97-26+3= 74 dB(A)	
97 dB(A)		97-28+3= 72 dB(A)	
97 dB(A)		97-30+3= 70 dB(A)	
85 dB(A)		85-30+3= 58 dB(A)	85-31+3= 57 dB(A)

### Schutzbedürfnis der Beschäftigten

Bei den Beschäftigten mit höherem Schutzbedürfnis wurden die bei der Auslieferung eingesetzten akustischen Filter ausgetauscht. So wurden Filterelemente mit M-Werten von 24 dB durch solche mit einem M-Wert von bis zu 30 dB ersetzt. Die erzielte Schutzwirkung fiel hierbei teilweise sehr hoch aus. Der Restschallpegel am Ohr lag bei diesen Fällen an der unteren Grenze des empfohlenen Bereichs von 70 – 80 dB(A).



**Abbildung 10:** Verteilung der Dämmwerte (M-Werte der Baumusterprüfung) der eingesetzten Gehörschutz-Otoplastiken (Metallbe- und -verarbeitung, Blechverarbeitung, Behälterbau).

Beschäftigte mit deutlich erhöhtem Schutzbedürfnis wählten selbst bei mäßigen Lärmexpositionspegeln Gehörschutz-Otoplastiken mit hohen Dämmwerten (M-Wert von 30 dB). In zwei Fällen, bei einem Tages-Lärmexpositionspegel ( $L_{EX, 8h} = 85 \text{ dB(A)}$ ), wurde sogar der Wert von 60 dB(A) am Ohr des Benutzers unterschritten. Eine Überprotektion, Verständigungsschwierigkeiten oder ein verstärktes Isolationsgefühl wurde von den Betroffenen dennoch verneint.

Im Behälterbau wurden während der Studiendauer ca. 40 % der harten Otoplastiken mit Filter durch weiche Otoplastiken ohne Filter ersetzt. Bei den zum Teil sehr lärmintensiven Tätigkeiten, z. B. Richtarbeiten in Behältern, wurden zusätzlich zu den Gehörschutz-Otoplastiken noch Kapsel-Gehörschützer getragen. Die Kombination aus hochdämmender Otoplastik ( $M = 31 \text{ dB}$ ) und Kapsel ( $M = 32 \text{ dB}$ ) ergibt rein rechnerisch M-Werte von  $42 \text{ dB}^{49}$ . Als Korrekturwert für die Praxisschalldämmung wird der höhere von beiden Korrekturwerten  $K_s = 5 \text{ dB}$  (Otoplastik  $K_s = 3 \text{ dB}$ , Kapsel  $K_s = 5 \text{ dB}$ ) benutzt.

Die Verteilung der Dämmwerte (M-Werte der Baumusterprüfung) der eingesetzten Gehörschutz-Otoplastiken kann **Abbildung 10** entnommen werden.

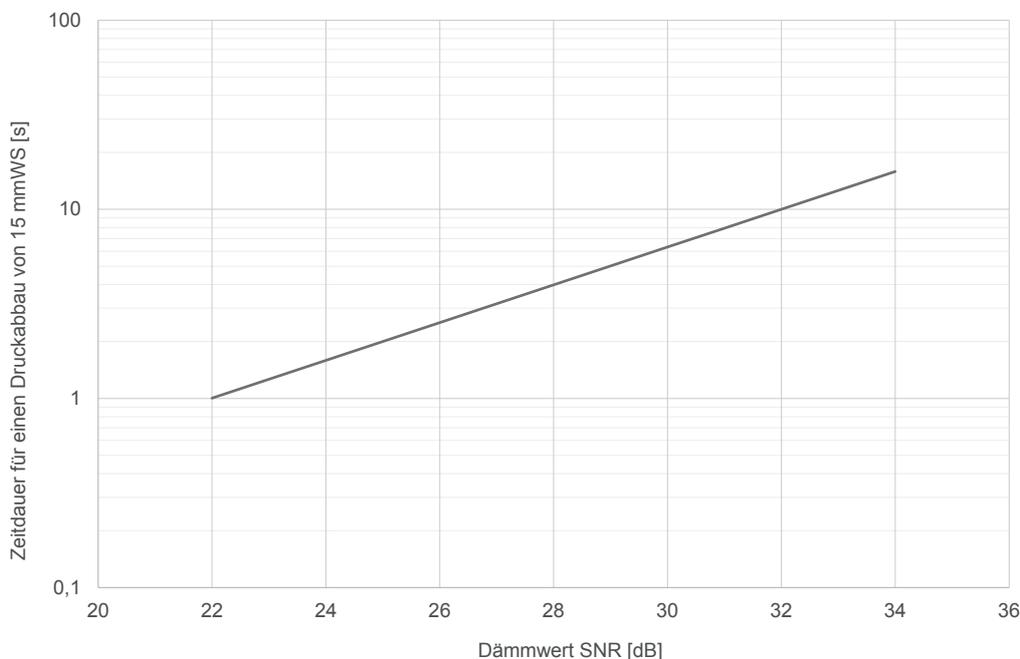
### 5.1.3 Funktionsprüfung der Gehörschutz-Otoplastiken

Während der zwölfjährigen Studiendauer wurden die eingesetzten Gehörschutz-Otoplastiken einer wiederholten funktionalen Prüfung unterzogen. Die Erstprüfung (= Prüfung bei Auslieferung) erfolgte, soweit es möglich war, zusammen mit dem Otoplastik-Hersteller. Die Wiederholungsprüfungen nach der Überdruck-Methode und mittels Audiometrie wurden von der Berufsgenossenschaft und der Ear-Seal-Test (akustische Methode) vom Otoplastik-Hersteller bzw. -Vertreiber durchgeführt.<sup>50</sup>

Zu Beginn der Studie schlecht sitzende Otoplastiken wurden nachgearbeitet oder neu angefertigt. Ältere Gehörschutz-Otoplastiken, die festgesetzte Kriterien für den Dichtsitz oder die Mindestdämmung nicht einhielten, wurden ersetzt. Die Gründe für die Verschlechterung des Dichtsitzes oder die nachlassende Dämmung älterer Gehörschutz-Otoplastiken konnten nicht geklärt werden. Teilweise sind selbst nach über sechs Jahren noch gut sitzende Gehörschutz-Otoplastiken in Benutzung.

#### Überdruckmethode

Bei der benutzten Überdruckmethode wurde der Druck zwischen Otoplastik und Gehörgang durch das Filterelement aufgebaut und der zeitliche Verlauf des Druckabfalls beobachtet. Bei dichtsitzender Gehörschutz-Otoplastik fällt der aufgebaute Druck über den Beobachtungszeitraum (bis zu 2 min) nicht ab. Bei geringfügigen Undichtigkeiten fällt der Druck langsam ab, bei größeren Undichtigkeiten schnell.



**Abbildung 11:** Zeitdauer in Sekunden für einen Druckabfall von 15 mmWS in Abhängigkeit vom eingestellten Dämmwert (SNR-Wert) des untersuchten Filterelements mit einstellbarem Ventil. Die Otoplastik war dabei nicht in das Ohr bzw. in Gehörgang eingesetzt.

49 Abschätzung:  $D_{fK+St} = D_{fK} + D_{fSt} \cdot (D_{fK} \times D_{fSt} / \text{Korr.wert}_f)$ , mit den Indizes  $f$  = Frequenz,  $K$  = Kapsel,  $St$  = Stöpsel. Der Korrekturwert berücksichtigt die maximal mögliche Dämmung, die durch die Knochenschallübertragung begrenzt wird. Quelle: Berger, nicht näher ermittelbar.

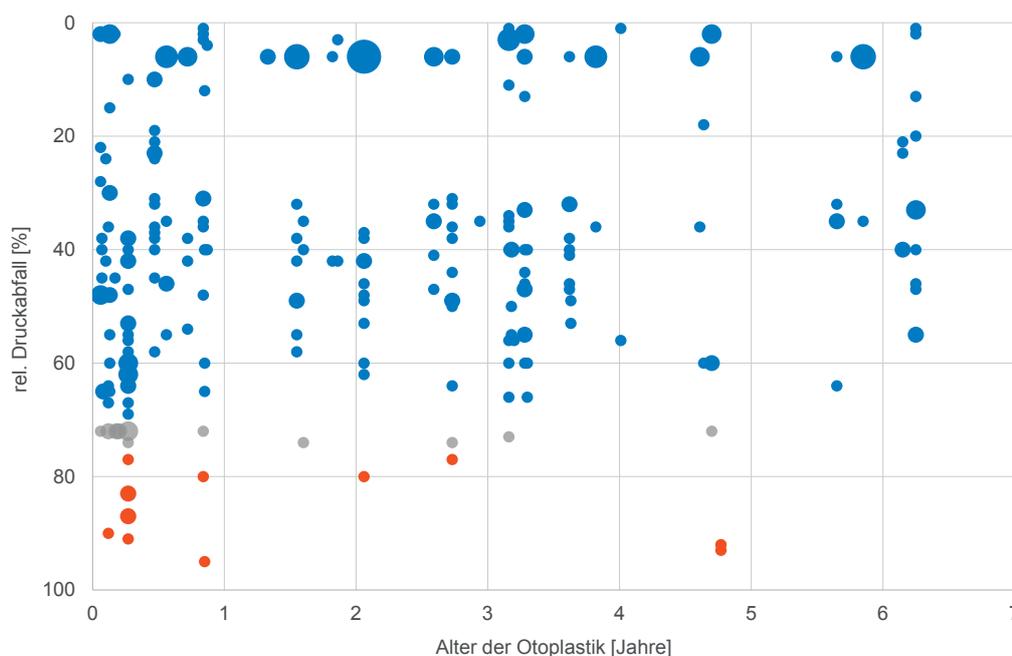
50 Die Funktionsprüfung war zu Beginn der Studie noch nicht vorgeschrieben und wurde freiwillig durchgeführt.

Beim Druckauf- und -abbau wirkt das Filterelement wie ein Strömungswiderstand und begrenzt die Geschwindigkeit der Druckänderung. Hochdämmende Filter stellen einen großen Strömungswiderstand dar, niedrigdämmende Filter einen kleinen. Daraus folgt, dass bei hochdämmenden Filtern der Druckausgleich schon alleine durch das Filterelement länger dauert als bei niedrigdämmenden Filtern. Der Zusammenhang zwischen dem Dämmwert (SNR-Wert) eines einstellbaren Ventils als Filterelement und der Dauer für einen Druckabfall von 15 mm Wassersäule (mmWS) ist in **Abbildung 11** dargestellt. Mit Verstellen des Ventils ändert sich die Querschnittsfläche des Ringspalts und damit der Strömungswiderstand, den das Filterelement darstellt.

Durch das Einsetzen der Gehörschutz-Otoplastik in das Ohr bzw. den Gehörgang werden zwei Strömungswiderstände hintereinandergeschaltet: der des Filterelements und der aus der Undichtigkeit zwischen Otoplastik und Gehörgang resultierende Strömungswiderstand. Sitzt die Otoplastik dicht im Gehörgang, ist der Strömungswiderstand unendlich. Mit abnehmendem Dichtsitz der Otoplastik im Gehörgang wird der Strömungswiderstand immer geringer und die Dauer des Druckabbaus immer kürzer. Wird die Gehörschutz-Otoplastik aus dem Gehörgang bzw. Ohr heraus genommen, wirkt nur noch der Strömungswiderstand des Filterelements und bestimmt damit die Dauer des Druckabbaus.

Da von den Otoplastik-Herstellern hierzu noch keine verbindlichen Werte vorlagen, wurde als Entscheidungsgrenze für einen ausreichenden Dichtsitz ein Maximalwert von 75 % des Druckabfalls pro Sekunde des jeweiligen Filterelements festgelegt.

Im Rahmen der Studie wurde deshalb für jedes Filterelement der Wert des Druckabfalls in mmWS/s bestimmt und als Referenzwert<sup>51</sup> benutzt. Für die Funktionsprüfungen wurden die Gehörschutz-Otoplastiken jeweils außerhalb und im Ohr des Nutzers vermessen. Sind die Filter oder Schallkanäle der Otoplastik verschmutzt, verstopft oder die Filter beschädigt, weichen die Messergebnisse, außerhalb des Ohres gemessen, vom Referenzwert ab. Wurden im Ohr höhere als die festgelegten 75 %-Werte gemessen, wurden neue Gehörschutz-Otoplastiken angefertigt.



**Abbildung 12:** Relativer normierter Druckabfall in Abhängigkeit vom Alter der Gehörschutz-Otoplastik. Normierung: mmWS/s, Druckabfall 15 mmWS. Relativierung: Normierter Druckabfall, bezogen auf den Referenzwert des jeweiligen Filterelements. Punkte = Einzelwerte und Punktdurchmesser = Häufigkeit. Blaue Punkte: Dichtsitz der Gehörschutz-Otoplastik ausreichend, graue Punkte: grenzwertig und rote Punkte: Dichtsitz der Gehörschutz-Otoplastik unzureichend.

Bei einem Filterelement mit einem SNR-Wert von 22 dB fiel der Druck innerhalb einer Sekunde um 15 mmWS. Daraus errechnet sich ein normierter Druckabfall von 15 mmWS/s. Für eine ausreichende Dichtigkeit wurde das Erreichen von maximal 11,25 mmWS/s (75 %-Wert) festgelegt. Bei einem SNR-Wert von 32 dB fällt der Druck in zehn Sekunden um 15 mmWS, der normierte Wert beträgt hier 1,5 mmWS/s. Der Wert für Entscheidung wurde hier mit 1,125 mmWS/s festgelegt.

51 Die Ermittlung der Referenzwerte erfolgte an jeweils zehn fabrikneuen und unbenutzten Filterelementen.

Aus der Dauer des Druckabfalls kann jedoch nicht in jedem Fall auf die Dämmung (SNR-Wert) der Gehörschutz-Otoplastik geschlossen werden. Der Druckabfall wird bei gleichem SNR-Wert auch noch durch die Bauform des Filterelements, der Schallkanäle und der Gehörschutz-Otoplastik beeinflusst.<sup>52</sup>

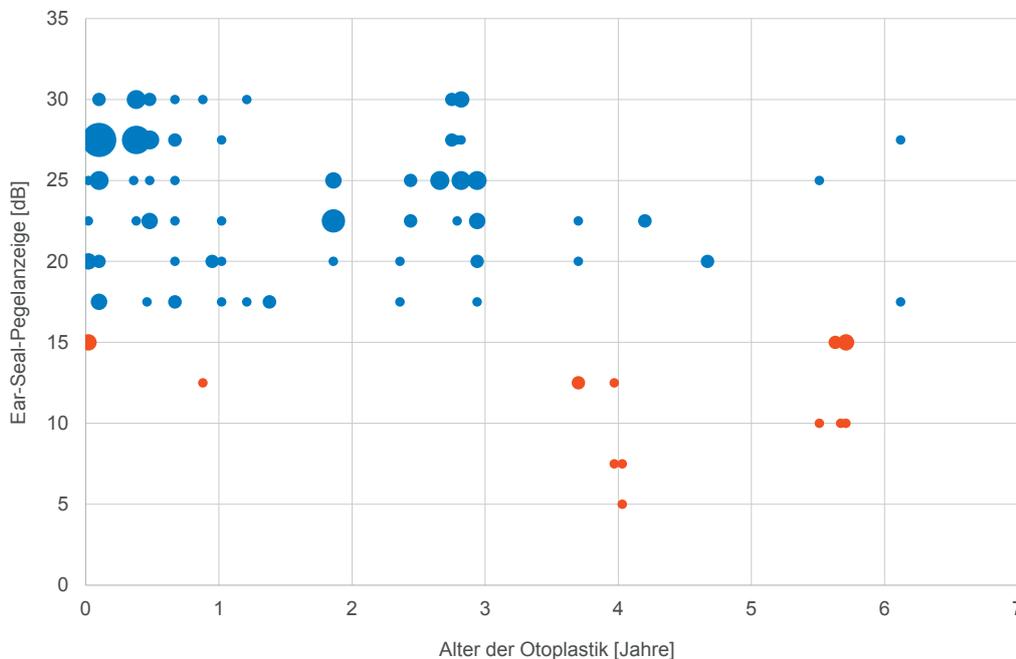
Für die grafische Darstellung wurde der „relative Druckabfall in Prozent“ eingeführt. Dazu wurde der im Ohr gemessenen Wert, bezogen auf den Referenzwert, ermittelt. In **Abbildung 12** sind alle Ergebnisse der Funktionskontrollen für bis zu sechseinhalb Jahre alte Gehörschutz-Otoplastiken dargestellt.

Ein geringer relativer Druckabfall spricht für eine dicht sitzende Gehörschutz-Otoplastik. Verschlechtert sich der Dichtsitz, nimmt der relative Druckabfall zu. Werte bis 69 % sind blau (ausreichende Dichtigkeit), zwischen 70 % und 75 % grau (grenzwertig) und Werte über 75 % rot (unzureichende Dichtigkeit<sup>53</sup>) markiert.

### Ear-Seal-Integrity-Test

Als objektives akustisches Verfahren zur Funktionsprüfung diente der Ear-Seal-Integrity-Test. In **Abbildung 13** sind alle Ergebnisse der Funktionskontrollen für bis zu sechseinhalb Jahre alte Gehörschutz-Otoplastiken dargestellt.

Zum Ear-Seal-Test liegt ein verbindlicher Entscheidungswert für die Funktionskontrolle der Gehörschutz-Otoplastik vor. Bei (Ear-Seal)-Pegeln von 30 bis 17,5 dB (Abb. 13, blaue Punkte) ist von einer funktionsfähigen Otoplastik auszugehen. Ab einem Pegel von 15 dB und weniger (Abb. 13, rote Punkte) reicht die Dämmwirkung der Otoplastiken nicht mehr aus. Diese Otoplastiken sind nach Herstellerangabe auszutauschen.



**Abbildung 13:** Ear-Seal-Pegel in Abhängigkeit vom Alter der Gehörschutz-Otoplastik. Punkte = Einzelwerte, Punktdurchmesser = Häufigkeit, Max. Seal-Pegel 30 dB, Auflösung: 2,5 dB.

52 Der SNR-Wert wird wesentlich durch die Dämmwerte der mittleren und hohen Frequenzen bestimmt. Für den Dichtsitz sind jedoch die Dämmwerte der tiefen Frequenzen entscheidend.

53 Die Funktionsprüfung wurde erst 2008 vorgeschrieben. Da von den Otoplastik-Herstellern hierzu noch keine verbindlichen Werte vorlagen, wurde als Entscheidungsgrenze für einen ausreichenden Dichtsitz ein Maximalwert von 75 % des Druckabfalls pro Sekunde des jeweiligen Filterelements festgelegt. Der Maximalwert des zulässigen Druckabfalls von 75 % ist noch nicht abschließend wissenschaftlich belegt.

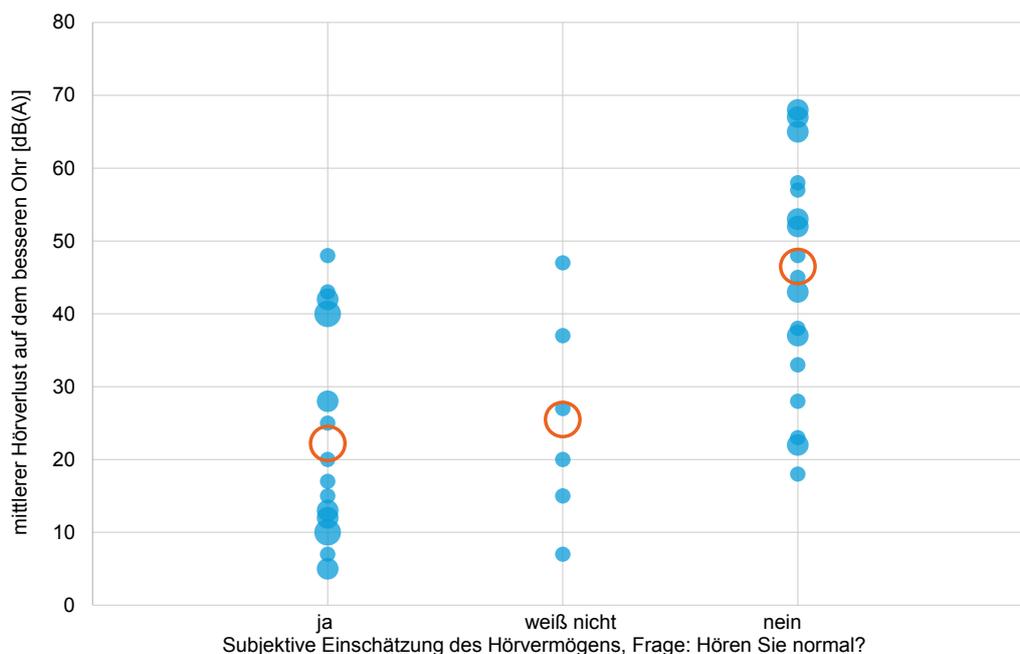
## 5.2 Untersuchungsergebnisse – Gehör

### 5.2.1 Subjektive Einschätzung und objektive Messung

#### Hörverlust und Beeinträchtigung

Dem subjektiven Eindruck des Hörvermögens der Studienteilnehmenden steht eine breite Spanne des „objektiv“ gemessenen Hörverlusts gegenüber. In der **Abbildung 14** sind sowohl der mittlere Hörverlust =  $[1/3 \times (\text{Hörverlustsumme bei 2, 3 und 4 kHz})]$  aller Studienteilnehmenden als auch die Einzelwerte über der Skala der eigenen subjektiven Einschätzung aufgetragen.

Zur Einschätzung des eigenen Hörvermögens sagten 43,6 % „ja, ich höre normal“, 45,5 % „nein, ich höre nicht normal“ und 10,9 % „ich weiß nicht“.



**Abbildung 14:** Einzelwerte (Punkte, bei Mehrfachnennung größerer Punkt-Durchmesser) und Mittelwerte (rote Kreise) des gemessenen Hörverlusts des „besseren“ Ohres bei der jeweiligen subjektiven Einschätzung durch die Studienteilnehmenden. Festlegung: Mittlerer Hörverlust =  $1/3 \times (\text{Hörverlustsumme bei 2, 3 und 4 kHz})$ .

#### Ohrgeräusche, Tinnitus

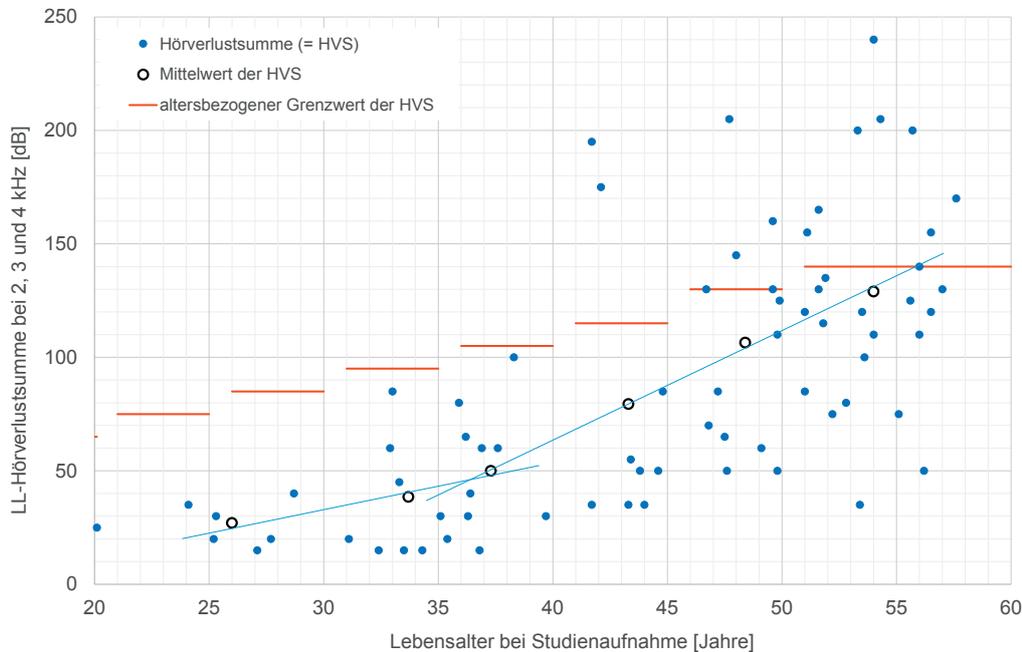
Über gelegentliche oder ständige Ohrgeräusche (Tinnitus) klagten insgesamt 30 der detailliert befragten Studienteilnehmenden. Die Ohrgeräusche wurden als Pfeifen (30 %), Rauschen (3 %) oder Brummen (3 %) beschrieben. Ca. 64 % der Betroffenen konnten keine genaueren Angaben zu der Art ihrer Ohrgeräusche machen.

### 5.2.2 Hörfähigkeit der Beschäftigten

Vor Inkrafttreten der Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“ am 1.12.1974 wurde kaum Gehörschutz getragen. Etwa 20 % der Studienteilnehmenden waren deshalb längerfristig Lärm über 85 dB(A) ausgesetzt. Das Gehör insbesondere der älteren betroffenen Personen (siehe Verteilung der Geburtsjahrgänge, Abbildung 7) war deshalb längere Zeit (bis zu zwölf Jahre) ungeschützt.

Bei Studienaufnahme wurde zur Abschätzung der Hörfähigkeit der Studienteilnehmenden aus den Audiogrammen der Gehörsorge-Untersuchungen die Summe der Hörverluste bei 2, 3 und 4 kHz (HVS = Hörverlustsumme) ermittelt. Die Werte des „besseren“ Ohres jedes/jeder einzelnen Studienteilnehmenden wurden in Abhängigkeit vom Lebensalter in **Abbildung 15** aufgetragen (blaue Punkte). Zusätzlich wurde der Mittelwert der Hörverlustsummen über dem Mittelwert des Alters der Studienteilnehmenden in der jeweiligen Altersklasse aufgetragen (Kreissymbol). Zur Orientierung wurden die altersbezogenen Grenzwerte der Hörverlustsummen für Nachuntersuchungen gemäß der Gehörsorge-Untersuchung nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 20 (rote Linien) eingezeichnet.

Die altersbezogenen Mittelwerte der Hörverlustsummen der Studienteilnehmenden steigen mit dem Alter der Studienteilnehmenden an und nähern sich mit zunehmendem Alter den altersbezogenen Grenzwerten der Hörverlustsummen für Nachuntersuchungen (siehe Abbildung 15) – in den Altersklassen „bis 35 Jahre“ mit einer Steigung von etwa 2 dB/Jahr und darüber mit einem steileren Anstieg von etwa 5 dB/Jahr. In der Altersklasse von „40 bis 45 Jahre“ wurden die ersten Überschreitungen der altersbezogenen Grenzwerte der Hörverlustsummen festgestellt. Für 90 % der Beschäftigten, bei denen die Grenzwerte überschritten wurden, wird bereits der Verdacht auf eine Berufskrankheit BK 2301 „Lärmschwerhörigkeit“ geprüft. Teilweise sind die BK-Feststellungsverfahren bereits entschieden und abgeschlossen. Sieben Studienteilnehmende hatten bei Studienbeginn schon eine anerkannte Berufskrankheit BK 2301 „Lärmschwerhörigkeit“.



**Abbildung 15:** Summe der LL-Hörverluste bei 2, 3 und 4 kHz in Abhängigkeit vom Lebensalter (blaue Punkte), Mittelwert von Alter und Hörverlustsumme in den jeweiligen Altersklassen (Kreise) und altersbezogene Grenzwerte der Hörverlustsumme für Nachuntersuchungen, nach G 20 (rote Linien). Anmerkung: Auf Grund der geringen Klassenbelegung wurden die Klassen bis 30 Jahre für die Berechnung zusammengefasst.

### 5.2.3 Gehörentwicklung der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer

#### Retrospektive Betrachtung – Gehörschutz = Watte, Stöpsel, Kapsel

Zum Zeitpunkt der Ausstattung der Studienteilnehmenden mit einer Gehörschutz-Otoplastik wurden zur Abschätzung der Gehörentwicklung in der jüngeren Vergangenheit neben den Hörverlustsummen<sup>54</sup> auch Hörverlustsummen aus älteren, zeitlich zurückliegenden Gehörvorsorge-Untersuchungen herangezogen.

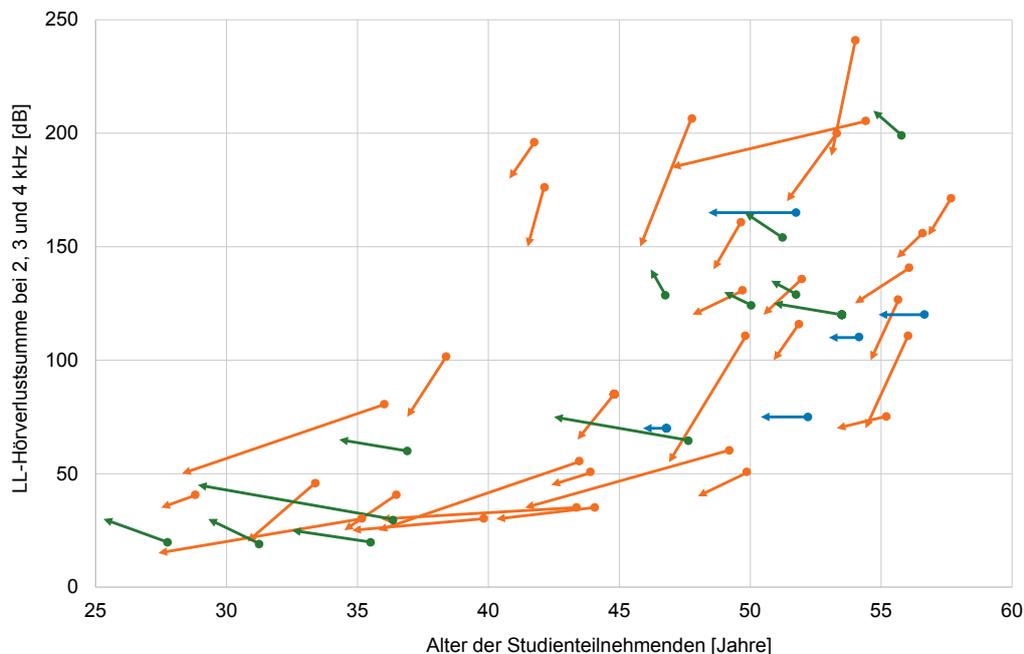
In **Abbildung 16** sind die Hörverlustsummen über dem Alter der Studienteilnehmenden zu jeweils zwei Zeitpunkten (Vektor) aufgetragen. Die Vektoren zeigen jeweils vom Zeitpunkt der Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik (Punkte) zu der zurückliegenden älteren Gehörvorsorge-Untersuchung (Dreiecke). Orangefarben dargestellt sind die Fälle mit einer Zunahme der Hörverlustsumme. Blau dargestellt sind die Fälle mit gleich gebliebener Hörverlustsumme und grün dargestellt sind die Fälle mit einer Verringerung der LL-Hörverlustsumme (= Gehörerholung).

Es ist deutlich zu erkennen, dass bei der überwiegenden Zahl der Studienteilnehmenden die Hörverlustsumme zugenommen hat (ca. 60 %, orange). Bei ca. 40 % blieb die Hörverlustsumme gleich oder verringerte sich geringfügig (blau, grün).

Da die Hörschwellen der einzelnen Studienteilnehmenden zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Zeitabständen ermittelt wurden, mussten die Hörverlustsummen (HVS) auf eine Bezugsdauer normiert werden. Als Bezugsdauer wurde ein Jahr festgelegt. Bei sehr kurzen Zeitabständen zwischen zwei Messungen können auch kleine Veränderungen der Hörverlustsumme bei der Normierung<sup>55</sup> extreme Werte (45 bzw. 60 dB/Jahr) hervorrufen. Diese beiden Werte wurden bei der weiteren Auswertung nicht weiter betrachtet.

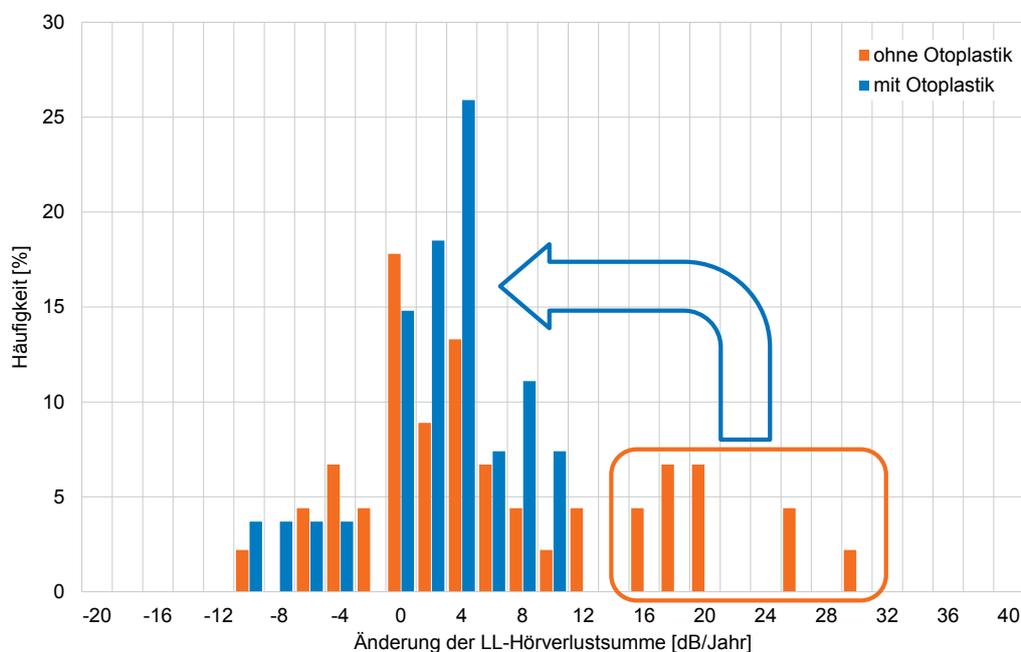
<sup>54</sup> Für die Hörverlustsumme wurden die mittels Luftleitungsaudiometrie (LL) ermittelten Hörverluste bei den Frequenzen 2, 3 und 4 kHz addiert.

<sup>55</sup> Beispiel: Bei den Gehörvorsorge-Untersuchungen im zeitlichen Abstand von einem halben Jahr wurde eine Verschlechterung des Gehörs um 30 dB festgestellt, d. h. 10 dB bei jeder der drei Messfrequenzen. Daraus errechnet sich eine normierte Zunahme der Hörverlustsumme von 60 dB pro Jahr für den Zeitraum zwischen den beiden Gehörvorsorge-Untersuchungen.



**Abbildung 16:** Summe der LL-Hörverluste bei 2, 3 und 4 kHz in Abhängigkeit vom Lebensalter der Studienteilnehmenden zum Zeitpunkt der Ermittlung. Punkte: Alter und Hörverlustsumme zum Zeitpunkt der Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik, Dreieck: Alter und Hörverlustsumme bei einer zurückliegenden Gehörvorsorge-Untersuchung. Farben: Orange = Zunahme der HVS, Blau: unveränderte HVS und Grün: Abnahme der Hörverlustsumme. Anmerkung: LL = Luftleitung.

Die Häufigkeitsverteilungen der Zu- bzw. Abnahme der LL-Hörverlustsummen vor Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik, also bei Nutzung von Gehörschutz-Watte, -Stöpseln oder -Kapseln, sind in **Abbildung 17** orangefarben dargestellt. LL-Hörverlustsummen nach der Ausstattung mit Gehörschutz-Otoplastiken sind blau dargestellt. Die weitere Verschlechterung des Hörvermögens über alle Studienteilnehmende gemittelt hat sich durch die Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik deutlich verlangsamt.



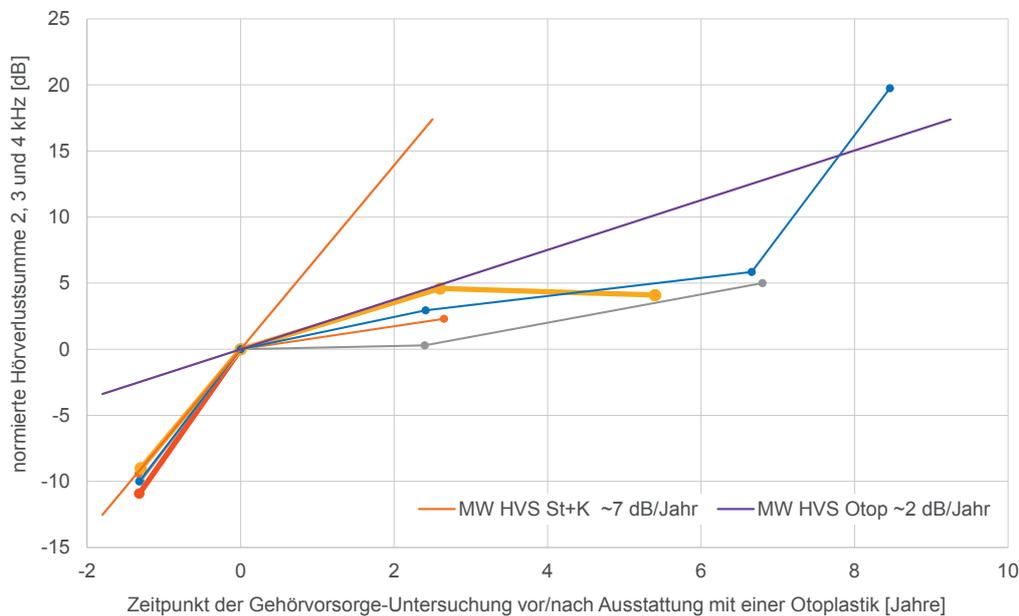
**Abbildung 17:** Verteilung der auf ein Jahr normierten Hörschwellenveränderungen (Summe der Hörverluste bei 2, 3 und 4 kHz) der Studienteilnehmenden. Orange: vor Ausstattung, blau: nach Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik. Anmerkung: Negative Werte zeigen eine Gehörerholung, positive Werte eine Verschlechterung des Gehörs an.

Die mittlere Zunahme der LL-Hörverlustsumme fällt von ca. 7 dB vor Ausstattung mit einer Otoplastik (mit sonstigem Gehörschutz) auf ca. 2 dB nach Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik. Die hohen Werte der Änderung der Hörverlustsumme pro Jahr konnten deutlich reduziert werden. Nach Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik wurden bei den Studienteilnehmenden keine Änderungen der LL-Hörverlustsummen über 12 dB/Jahr beobachtet.

### Gehörentwicklung nach Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik

Ab einem Tages-Lärmexpositionspegel  $L_{EX,8h}$  von 90 dB(A) sind Gehörsorge-Untersuchungen nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz 20 (G 20 Lärm) alle drei Jahre durchzuführen. Bei Auffälligkeiten kann die Frist vom untersuchenden Arzt bis zur nächsten Untersuchung verkürzt werden. Bei einem Zeitraum von bis zu zwölf Jahren konnten so die Hörverlustsummen aus den regelmäßig durchgeführten Gehörsorge-Untersuchungen ausgewertet werden.

Teilweise konnten nicht alle Studienteilnehmende die Untersuchungstermine wahrnehmen. Mit fortschreitender Studiendauer sind einzelne Teilnehmende ausgeschieden und somit die Fallzahlen für die Mittelung des Teilnehmeralters und der Hörverlustsummen gesunken ( $n_0 = 44$ ,  $n_{Ende} = 15$ ). Hieraus ergeben sich fünf Untersuchungsgruppen mit unterschiedlicher Anzahl von Studienteilnehmenden.<sup>56</sup> In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zusammengestellt und in **Abbildung 18** grafisch dargestellt.



**Abbildung 18:** Verlauf der normierten Hörverlustsumme bei 2, 3 und 4 kHz in Abhängigkeit von der Studiendauer für fünf Untersuchungsgruppen. Punkte = Zeitpunkt der Gehörsorge-Untersuchung. Zeitpunkt der Ausstattung mit Gehörschutz-Otoplastiken (0; 0). Die mittlere Hörverlustzunahme beträgt für Gehörschutz-Watte, -Stöpsel und -Kapseln ca. 7 und für Gehörschutz-Otoplastiken ca. 2 dB/Jahr (gestrichelte Linien).

<sup>56</sup> Die Mittelung über das Teilnehmeralter und die Hörverlustsummen erfolgte jeweils über den gesamten Beobachtungszeitraum einschließlich der Zeit vor Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik mit der Teilnehmerzahl von  $n_0 = 44$  bis  $n_{Ende} = 15$  (fünf Fallgruppen).

**Tabelle 3:** Zusammenstellung der gemittelten Ergebnisse: Teilnehmeralter, normierte LL-Hörverlustsumme HVS in dB/Jahr für die unterschiedlichen Untersuchungsgruppen (Fallzahlen zwischen n = 44 und n = 15). Die Tabellenwerte werden in Abbildung 18 benutzt.

		<b>Gemittelttes Alter der Studienteilnehmenden zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt in Jahren</b>									
		Vor:		Aus-	Nach:						
Fallzahl	Zeitachse	-1,3 J.	-1,1 J.	0	2,1 J.	2,4 J.	2,7 J.	5,2 J.	6,7 J.	6,8 J.	8,4 J.
	Gehörschutz										
44	Watte, Stöpsel. Kapsel	48,7		50,0							
	MW HVS	8,3 dB/Jahr									
35	Watte, Stöpsel. Kapsel	47,0		48,3			51,0				
	MW HVS	7,1 dB/Jahr									
	Otoplastik MW HVS	0,9 dB/Jahr									
22	Watte, Stöpsel. Kapsel	45,5		46,8		49,2				53,6	
	MW HVS	7,7 dB/Jahr									
	Otoplastik MW HVS	0,7 dB/Jahr									
20	Watte, Stöpsel. Kapsel	44,5		45,8		48,2			52,5		
	MW HVS	7,5 dB/Jahr									
	Otoplastik MW HVS	1,0 dB/Jahr									
15	Watte, Stöpsel. Kapsel		44,4	45,5	47,6			50,7	52,2		53,9
	MW HVS		5,4 dB/Jahr								
	Otoplastik MW HVS		2,2 dB/Jahr								

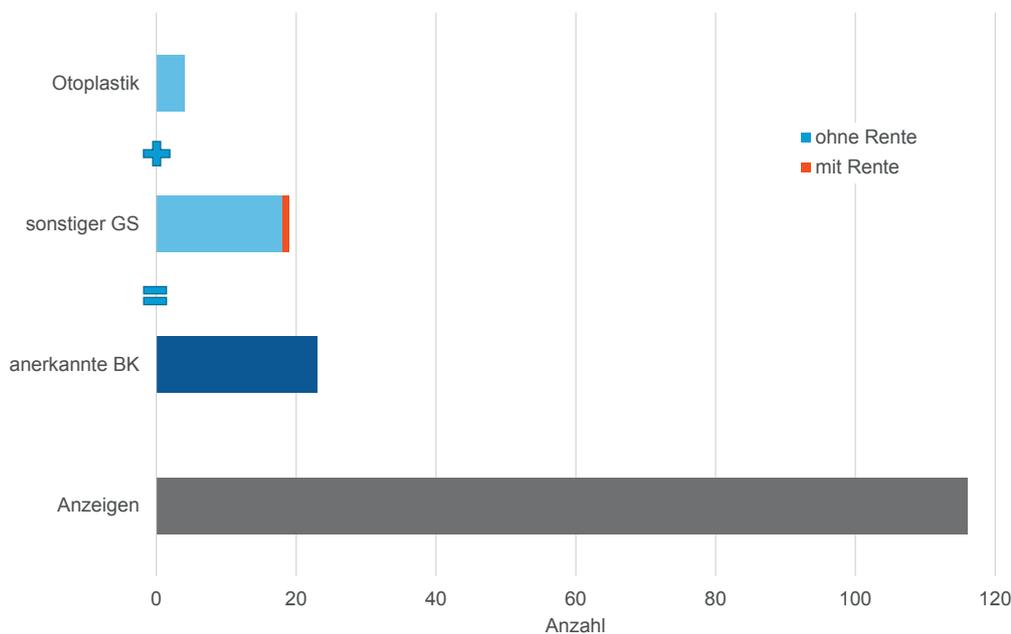
## 6. Gehörentwicklung – BK 2301-Verdachtsfälle

### BK-Verdachtsfälle

Das Berufskrankheitenverfahren wird durch die Berufskrankheiten-Verordnung (BKV), basierend auf §9, Abs. 1 und 6, §193, Abs. 8, SGB VII geregelt.<sup>57</sup>

Durch die Erstattung einer ärztlichen BK-Verdachtsanzeige oder Unternehmeranzeige kann das Verfahren initiiert werden. Die Unternehmeranzeige ist eher die Ausnahme. Meldet ein Versicherter den Verdacht einer Erkrankung auf Grund seiner Tätigkeit (Selbstanzeige), muss der Unfallversicherungsträger diesem nachgehen und ein BK-Verfahren starten. Diese „Selbstanzeige“ erfolgt teilweise auch durch einen vom Versicherten beauftragten Bevollmächtigten.

Während der Studienlaufzeit erreichten die Berufsgenossenschaft 116 BK 2301-Verdachtsanzeigen aus den vier an der Studie beteiligten Mitgliedsunternehmen. Das entspricht einer Quote<sup>58</sup> von ca. 6, bezogen auf 1000 Beschäftigte. Von den 116 BK-Verdachtsanzeigen wurden 23 als BK 2301 anerkannt; davon 22 dem Grunde nach und eine BK-Anerkennung mit Rentenzahlung. Dabei wurde der BK-Verdacht nur bei vier Trägern einer Gehörschutz-Otoplastik anerkannt. Bei 19 Anerkennungen haben die Beschäftigten anderen Gehörschutz, Stöpsel oder Kapseln getragen (siehe **Abbildung 19**). Nur bei 20 % der Anerkennungen des BK 2301-Verdachts wurde eine Otoplastik als Gehörschutz benutzt, bei 80 % wurde anderer Gehörschutz getragen. In den vier Mitgliedsunternehmen waren 25 % der im Lärm tätigen Beschäftigten mit einer Otoplastik ausgestattet.



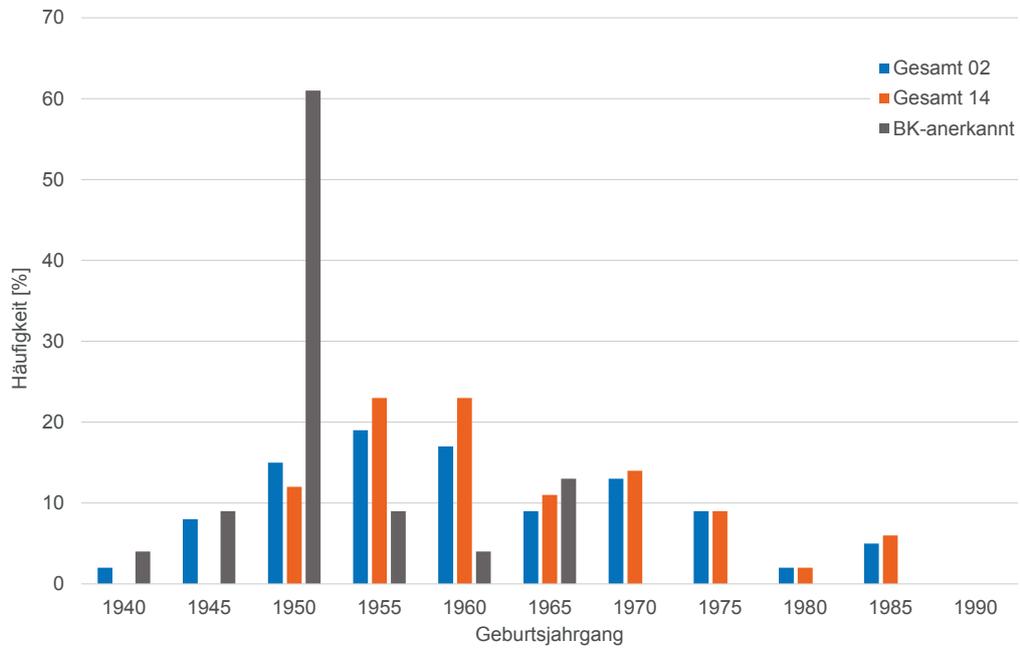
**Abbildung 19:** Häufigkeit und Verteilung der anerkannten BK 2301-Verdachtsfälle auf die benutzten Gehörschutzarten Otoplastik und sonstigen Gehörschutz (sonstiger GS, Stöpsel, Kapsel).

In **Abbildung 20** werden auf Basis der vier an der Studie beteiligten Mitgliedsunternehmen die Verteilung der Geburtsjahrgänge der Studienteilnehmenden<sup>59</sup> zu Studienbeginn und Studienende sowie die anerkannten BK 2301-Fälle aller gemeldeten BK 2301-Verdachtsfälle dargestellt. Die anerkannten BK 2301-Fälle verteilen sich auf die Geburtsjahrgänge 1936 bis 1965, wobei etwa 60 % aus der Jahrgangsguppe 1946 bis 1950 stammen.

<sup>57</sup> Siebtes Buch Sozialgesetzbuch - Gesetzliche Unfallversicherung - (Artikel 1 des Gesetzes vom 07.08.1996, BGBl I S. 1254), zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 4 des Gesetzes vom 20.04.2013a. BGBl I: 868

<sup>58</sup> 1000-Mann-Quote = Unfälle pro 1000 Vollzeit-Mitarbeiter. Die 1000-Mann-Quote wird normalerweise für die Berechnung und den Vergleich von Unfallhäufigkeiten benutzt. Hier: BK-Verdachtsanzeigen pro 1000 Mitarbeiter

<sup>59</sup> Einzelheiten siehe Abschnitt 4, Unterpunkt „Altersstruktur“



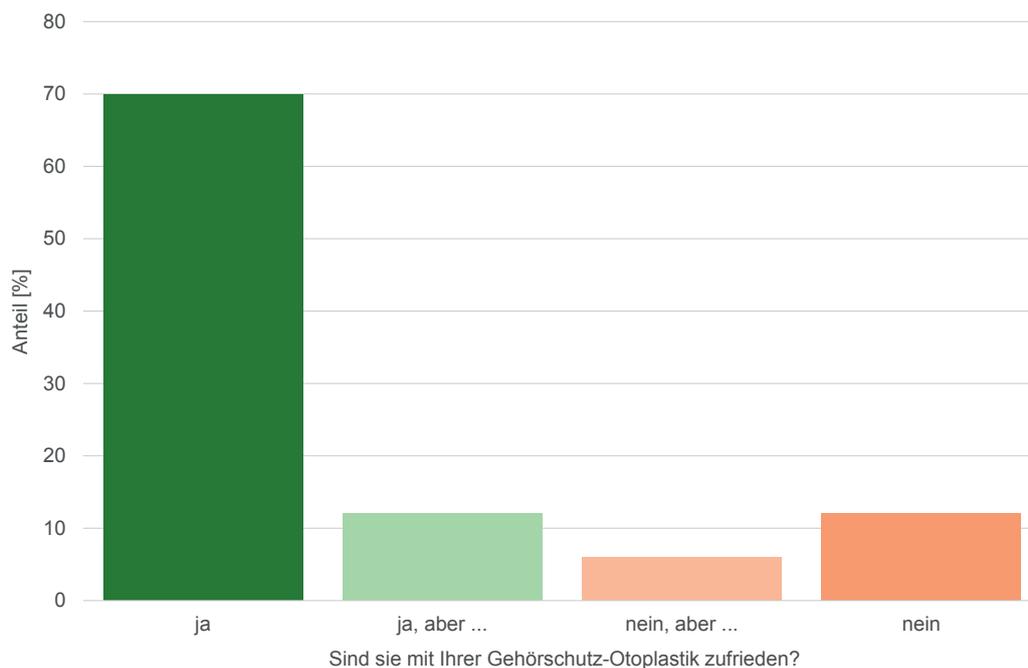
**Abbildung 20:** Verteilung der Geburtsjahrgänge der Studienteilnehmenden zu Studienbeginn und -ende sowie der anerkannten BK 2301-Fälle aller BK 2301-Verdachtsanzeigen der beteiligten Mitgliedsbetriebe.

# 7. Befragungsergebnisse – Akzeptanz und Zufriedenheit

## 7.1 Gehörschutz-Otoplastik

Durch das Einbeziehen der Studienteilnehmenden in die Auswahl der Gehörschutz-Otoplastiken und die „freie“ Entscheidungsmöglichkeit zwischen einer harten oder weichen Otoplastik wurde eine hohe Akzeptanz erreicht. Die Frage „Sind Sie mit Ihrer Gehörschutz-Otoplastik zufrieden?“ wurde von 70 % mit „ja“ beantwortet. 12 % antworteten mit „ja, aber ...“, 6 % mit „nein, aber ...“ und 12 % mit „nein“ (siehe **Abbildung 21**).

In den ersten fünf Studienjahren wurde eine Tragequote von 85 % erreicht. Langfristig, bis zum zwölften Studienjahr, sank die Tragequote geringfügig auf 79 %.<sup>60</sup> Als Hauptgründe wurden der hohe Hygieneaufwand und das häufige Verstopfen der Filterelemente angegeben. Durch das Verstopfen steigt die Schalldämmung, so dass die Wahrnehmung von Warnsignalen und Maschinengeräuschen sowie die Kommunikation erschwert werden.



**Abbildung 21:** Ergebnis der Zufriedenheitsbefragung

Ein Untersuchungsteilnehmer konnte die Gehörschutz-Otoplastik nicht tragen. Es stellten sich Kopfschmerzen und Schwindel ein.

## 7.2 Ergebnisse der Befragung

Vor der Ausstattung der Studienteilnehmenden mit einer Gehörschutz-Otoplastik benutzten diese folgenden Gehörschutz: Wattestöpsel 18 %, Schaumstoffstöpsel 66 %, Bügelstöpsel 6 % und Kapseln 10 %. Zu Beginn der Studie wurden die Beschäftigten zu ihrem Gehörschutz befragt. Die Befragung erfolgte gemäß dem im Anhang beigefügten Fragebogen.

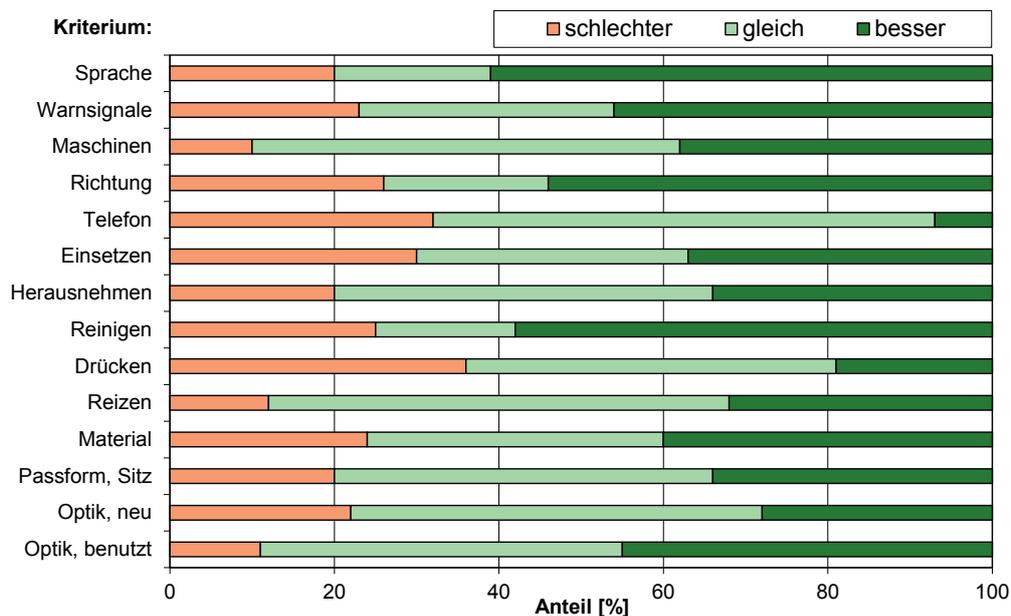
Die Befragung erfasste die Kriterien der Verständlichkeit von Sprache, der Hörbarkeit von Warnsignalen und Änderung von Maschinengeräuschen, der Diskrimination der Richtung eines Geräusches und der Verständigung am Telefon. Es wurden auch Fragen zu den Kriterien der Handhabung (Einsetzen, Herausnehmen und Reinigung des Gehörschutzes), zum Tragekomfort (Material, Drücken, Reizen, Passform, Sitz) sowie zum Aussehen des Gehörschutzes (Optik, neu und benutzt) gestellt.

Mit den gleichen Fragen wurde ca. einen Monat nach Auslieferung und Anpassung der Gehörschutz-Otoplastik die Befragung wiederholt. In **Abbildung 22** ist das Ergebnis für die einzelnen Kriterien dargestellt. Die Veränderung der Einschätzung der Gehörschutz-Otoplastik gegenüber dem ursprünglich benutzten Gehörschutzmittel ist eingetragen. Über die 14 Beurteilungskriterien<sup>61</sup> gemittelt, wurde die Gehörschutz-Otoplastik im Vergleich mit anderen Gehörschützern mit zusammen 78 %

<sup>60</sup> Anmerkung: FAQ, Haus der Hörtechnik: Herkömmliche Gehörschützer wie Gehörschutzstöpsel, -bügel oder auch Kapselgehörschützer haben eine Tragequote von 40% bis maximal 60%.

<sup>61</sup> Die Kriterien wurden nicht gewichtet, sie gingen mit jeweils gleichen Anteilen (1/14) in die Gesamtbewertung ein.

(davon: besser (38 %), gleich (40 %)) beurteilt. Der Tragekomfort<sup>62</sup> von Gehörschutz-Otoplastiken wurde im Vergleich zu den anderen Gehörschützern deutlich besser beurteilt wurde, der geringste Unterschied liegt beim Kriterium „Drücken“ vor. Dieses Kriterium wurde für Gehörschutz-Otoplastiken nur mit 64 % als besser oder gleich gegenüber anderen Gehörschutzmitteln (Watte, Stöpsel oder Kapsel) beurteilt.



**Abbildung 22:** Verteilung der Beurteilung – Otoplastik „schlechter, gleich oder besser“ als der bisher benutzte Gehörschutz für unterschiedliche Kriterien.

62 Als Kriterien zum Tragekomfort zählen: Material, Drücken, Reizen, Passform, Sitz.

## 8. Diskussion

### Akzeptanz, Zufriedenheit mit der Gehörschutz-Otoplastik und deren Nutzung

Durch das Einbeziehen der Beschäftigten in die Entscheidung über die Auswahl der Gehörschutz-Otoplastik, die Entscheidungsmöglichkeit zwischen harter oder weicher Otoplastik und durch die schnelle Lösung von Nutzungsproblemen durch den Otoplastik-Hersteller wurde eine hohe Akzeptanz erreicht. Die Möglichkeit der Anpassung der Schalldämmung der Gehörschutz-Otoplastik an das eigene Schutzbedürfnis im Rahmen der arbeitsplatzbezogenen erforderlichen Schutzwirkung hat ebenfalls wesentlich zur Zufriedenheit beigetragen.

„Sind Sie mit Ihrer Gehörschutz-Otoplastik zufrieden?“ beantworteten 70 % mit „ja“, 12 % mit „ja, aber ...“, 6 % mit „nein, aber ...“ und 12 % mit „nein“. In den ersten fünf Studienjahren wurde eine Tragequote von 85 % erreicht. Langfristig, bis zum zwölften Studienjahr, sank die Tragequote auf 79 %.

Über die 14 Beurteilungskriterien (siehe Abbildung 23) gemittelt, wurde die Gehörschutz-Otoplastik im Vergleich mit anderen Gehörschützern mit zusammen 78 % als besser (38 %) oder gleich (40 %) beurteilt. Bei den Trageeigenschaften wurde das Kriterium „Drücken“ (der Gehörschutz drückt im Gehörgang bzw. Ohr) der Gehörschutz-Otoplastik mit 64 % besser oder gleich im Vergleich zu anderen Gehörschutzmitteln (Watte, Stöpsel oder Kapsel) beurteilt.

### Hörverluste und Gehörentwicklung

Vor Inkrafttreten der Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“ am 01.12.1974 wurde kaum Gehörschutz getragen. Das Gehör der älteren Beschäftigten war deshalb längere Zeit, bis zu zwölf Jahre, ungeschützt Pegeln von über 85 dB(A) ausgesetzt.

Die altersbezogenen Mittelwerte der Hörverlustsummen der Studienteilnehmenden stiegen mit dem Alter der Studienteilnehmenden an und nähern sich mit zunehmendem Alter den altersbezogenen Grenzwerten der Hörverlustsummen für Nachuntersuchungen (G 20): in den Altersklassen bis 35 Jahre mit einer Steigung von ca. 2 dB pro Jahr und ab der Altersklasse bis 40 Jahre mit einem steileren Anstieg von ca. 5 dB pro Jahr.

Die ersten Grenzwertüberschreitungen der Summe der Hörverluste bei 2, 3 und 4 kHz wurden bei der Altersklasse 41 – 45 Jahre festgestellt. Für 90 % der Personen, bei denen die Grenzwerte überschritten wurden, wurde der Verdacht auf eine Berufskrankheit BK 2301 „Lärmschwerhörigkeit“ geprüft oder das BK-Feststellungsverfahren war bereits abgeschlossen. Vergleicht man die Durchschnittswerte der Hörschwellen aus den regelmäßig durchgeführten Gehörvorsorge-Untersuchungen (DGUV Grundsatz 20 „Lärm“) vor der Ausstattung mit einer Gehörschutz-Otoplastik mit denen nach der Ausstattung, erhält man eine deutlich geringere Zunahme der Hörverlustsumme.

Bei Nutzung eines Gehörschutz-Stöpsels oder einer Gehörschutz-Kapsel betrug die mittlere Zunahme der Hörverlustsumme ca. 7 dB pro Jahr. Nach Ausstattung der Studienteilnehmenden mit einer Gehörschutz-Otoplastik sank im weiteren Untersuchungsverlauf die Zunahme der Hörverlustsumme auf ca. 2 dB pro Jahr. Bei einer konsequenten Benutzung von funktional geprüften Gehörschutz-Otoplastiken wurde in den meisten Fällen keine weitere Zunahme der Hörverlustsumme beobachtet. Ab dem sechsten Nutzungsjahr wurden wieder vereinzelt (ca. 20 %) steigende Hörverlustsummen beobachtet. Die Ursache hierfür konnte nicht geklärt werden.

### BK 2301-Verdachtsanzeigen und Anerkennung als Berufskrankheit

Während der Studienlaufzeit erreichten 116 BK 2301-Verdachtsanzeigen aus den vier an der Studie beteiligten Mitgliedsunternehmen die Berufsgenossenschaft. Das entspricht einer Quote von ca. 6, bezogen auf 1000 Beschäftigte.

Von den 116 BK-Verdachtsanzeigen wurden 23 als BK 2301 anerkannt. 22 davon ohne und eine mit Rentenzahlung. Nur bei 20 % der Anerkennungen des BK 2301-Verdachts wurde eine Otoplastik als Gehörschutz benutzt, bei 80 % wurde anderer Gehörschutz getragen. In den vier Mitgliedsunternehmen waren 25 % der im Lärm tätigen Beschäftigten mit einer Otoplastik ausgestattet. Berücksichtigt man dies bei den Fallzahlen der BK-Anerkennung, ergibt sich eine Rate von 3,2 % für Otoplastikträger und 4 % für die Nutzer anderer Gehörschutzmittel. Vor dem Hintergrund der geringen Fallzahlen kann dennoch festgestellt werden, dass Otoplastikträger geringfügig besser vor einer Lärmschwerhörigkeit geschützt sind als die Träger anderer Gehörschutzmittel.

### Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung und Individualprävention

Nach § 8 LärmVibrationsArbSchV gilt: „Der Arbeitgeber unternimmt alle Anstrengungen, um für die Verwendung des Gehörschutzes zu sorgen, und ist für die Prüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen verantwortlich“.

Versicherte mit auffälliger Gehörvorsorge-Untersuchung G 20 Lärm II oder Verdacht auf eine Berufskrankheit BK 2301 „Lärmschwerhörigkeit“ müssen individuell durch die BG betreut und überwacht werden. Die Individualprävention trägt durch die persönliche Beratung von Beschäftigten mit Lärmbelastung wesentlich dazu bei, dass die Akzeptanz und Motivation zum Tragen von Gehörschutz gesteigert wird. Sie kann somit als eine Maßnahme zur Wahrnehmung der gemäß LärmVibrations-

ArbSchV vorgegebenen Verantwortung des Arbeitgebers angewandt werden. Ansonsten müssen andere Maßnahmen mit gleicher Wirksamkeit ergriffen werden.

### Gefährdungsbeurteilung und Schutzwirkung der Otoplastik

Mit dem HML-Check wurde die Schutzwirkung der Otoplastiken abgeschätzt. Bei einer geringen Zahl von Studienteilnehmenden wurde der Grenzwert des Tages-Lärmexpositionspegels in Höhe von 85 dB(A) am Ohr erreicht oder überschritten. Bei Überschreitung wurde ein höher dämmendes Filterelement in die Otoplastik eingesetzt. Die Betroffenen fühlten sich dann auch ausreichend geschützt und nicht sonderlich in der Kommunikation behindert.

Bei Beschäftigten mit höherem Schutzbedürfnis wurden akustische Filterelemente ( $M = 24$  dB) durch Filter mit einem M-Wert von bis zu 30 dB ersetzt. Der Restschallpegel am Ohr sank in diesen Fällen bis an die untere Grenze des empfohlenen Bereichs von 70 – 80 dB(A).

Beschäftigte mit deutlich erhöhtem Schutzbedürfnis wählten selbst bei mäßigen Expositionspegeln Gehörschutz-Otoplastiken mit hohen Dämmwerten (M-Wert = 30 dB). In zwei Fällen, mit einem Tages-Lärmexpositionspegel  $L_{EX,8h}$  von 85 dB(A), wurde sogar der Restschallpegel von 60 dB(A) am Ohr des Benutzers unterschritten. Eine Überprotektion, Verständigungsschwierigkeiten oder ein verstärktes Isolationsgefühl wurden von den Betroffenen dennoch verneint.

Im Behälterbau wurden während der Studiendauer ca. 40 % der harten Otoplastiken mit Filter durch weiche Otoplastiken ohne Filter ersetzt. Bei den zum Teil sehr lärmintensiven Tätigkeiten, z. B. Richtarbeiten in Behältern, wurden zusätzlich zu den Gehörschutz-Otoplastiken noch Kapsel-Gehörschützer getragen. Die Kombination aus hochdämmender Otoplastik ( $M = 31$  dB) und Kapsel ( $M = 32$  dB) ergibt rein rechnerisch einen M-Wert von 42 dB<sup>63</sup>. Als Korrekturwert für die Praxisschalldämmung wird der höhere von beiden Korrekturwerten  $K_s = 5$  dB (Otoplastik  $K_s = 3$  dB, Kapsel  $K_s = 5$  dB) benutzt.

Die Annahme, dass Gehörschutz-Otoplastiken grundsätzlich einen besseren Schutz für das Gehör bieten als Gehörschutzstöpsel, konnte durch die Untersuchungsergebnisse der über einen Zeitraum von zwölf Jahren durchgeführten Studie bestätigt werden.

Der bessere Schutz durch Gehörschutz-Otoplastiken wird u. a. dadurch erreicht, dass diese bei einer nachhaltigen Unterweisung zur Benutzung kaum falsch ins Ohr bzw. den Gehörgang eingesetzt werden können und dass durch den höheren Tragekomfort, den die Gehörschutz-Otoplastiken bieten, diese häufiger und länger im Lärm getragen werden.

Für eine nachhaltige Schutzwirkung ist die aktive Mitwirkung der Otoplastik-Benutzer bei der Kontrolle der Funktionsfähigkeit sowie die konsequente Durchführung regelmäßiger funktionaler Prüfungen der Gehörschutz-Otoplastiken unerlässlich. Die Motivation zum Tragen von Gehörschutz und die Sensibilisierung für das Thema „Lärm“ sind für die Steigerung der Tragequote von Gehörschutz unbedingt erforderlich.

63 Abschätzung:  $D_{fK+St} = D_{fK} + D_{fSt} - (D_{fK} \times D_{fSt} / \text{Korr.wert}_f)$ , mit den Indizes  $f$  = Frequenz,  $K$  = Kapsel,  $St$  = Stöpsel. Der Korrekturwert berücksichtigt die maximal mögliche Dämmung, die durch die Knochenschallübertragung begrenzt wird.

## 9. Literatur

Burgtorf, W., Weiß, R., UBA-Texte, Forschungsbericht 81-10501108, Einfluss von Verkehrslärm auf die Gehörerholung während der Freizeit, März 1981

Hellbrück, J., Hören. Physiologie, Psychologie und Pathologie. Göttingen: Hogrefe, 1993

Holstein, J., Hörprobleme bei Musikern, Inaugural-Dissertation, Freiburg im Breisgau, 2008

Weiß, R., Auswahl von arbeitsplatzgerechtem Gehörschutz, SMBG-Präventionsbericht 2/1999

Weiß, R., Beurteilung der Wirksamkeit von Gehörschutz, SMBG-Präventionsbericht 25/2003

Weiß, R., Gehörentwicklung von lärmexponierten Beschäftigten mit Gehörschutz-Otoplastiken; Teilprojekt im Bereich Blechverarbeitung, BGMS-Präventionsbericht 1/2005

Weiß, R., Studie zur Schutzwirkung von Gehörschutz-Otoplastiken, Herstellung, Wartung sowie Marktrecherche und Feldstudie zur funktionalen Prüfung von Otoplastiken, BGMS-Präventionsbericht 2/2006

Allgemeine Präventionsleitlinie „Gehörschutz“ Auswahl, Bereitstellung und Benutzung, Herausgeber: Fachausschuss „Persönliche Schutzausrüstungen“ der DGUV, 2009

BIA-Info 7/2000, Otoplastik – ein spezieller Gehörschutz, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, Sankt Augustin

BIA-Report 5/89, Schalldämmung von Gehörschützern in der betrieblichen Praxis. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Sankt Augustin 1989

BGIA-Report 4/2009, Schalldämmung von Gehörschützern in der betrieblichen Praxis-Studie von 2005 bis 2007

DIN EN 352 Gehörschützer – Allgemeine Anforderungen – Teil 1: Kapselgehörschützer, Teil 2: Gehörschutzstöpsel, Teil 3: An Industrieschutzhelmen befestigte Kapselgehörschützer usw.

DIN EN ISO 4869-2:1995-08, Akustik – Gehörschützer – Teil 2: Abschätzung der beim Tragen von Gehörschützern wirksamen A-bewerteten Schalldruckpegel (ISO 4869-2:1994)

DIN ISO 4869-1, Laborverfahren für die subjektive Bestimmung der Dämmwirkung

Empfehlung für die Begutachtung der Lärmschwerhörigkeit (BK-Nr. 2301) – Königsteiner Empfehlung – Herausgeber: DGUV, März 2012

Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz-Verordnung vom 6. März 2007, zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960)

Siebtens Buch Sozialgesetzbuch – Gesetzliche Unfallversicherung – (Artikel 1 des Gesetzes vom 07.08.1996, BGBl. I S. 1254), zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 4 des Gesetzes vom 20.04.2013a. BGBl. I: 868

Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV Lärm), Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Referat IPR, Bonn, Stand: Mai 2010

Technische Regel, VDI 2058 Blatt 2:1988-06, Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung

# 10. Anhang

## 10.1 Datenschutz

### **Datenschutz-Information und Erklärung für die Teilnehmer an der Studie „Gehörentwicklung von Versicherten mit Gehörschutz-Otoplastiken“**

Die Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft als Träger der gesetzlichen Unfallversicherung hat mit allen geeigneten Mitteln für die Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren zu sorgen und soll dabei auch den Ursachen nachgehen (§ 14 SGB VII). Dazu plant sie die Durchführung einer wissenschaftlichen Studie zur Gehörentwicklung von Versicherten mit Gehörschutz-Otoplastiken. Im Rahmen dieser Untersuchung dürfen gem. § 199 SGB VII auch individuelle Daten über Ihre Person erhoben, gespeichert, verarbeitet und genutzt werden. Art und Umfang der erforderlichen Sozialdaten können Sie aus dem Fragebogen der Süddeutschen Metall-Berufsgenossenschaft ersehen.

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter der Süddeutschen Metall-Berufsgenossenschaft, die die Untersuchung durchführen, sind nach § 35 SGB I auf das Sozialgeheimnis verpflichtet. Damit wird einer missbräuchlichen Verwendung Ihrer personenbezogenen Daten entgegengewirkt. Alle Arbeitsunterlagen, d.h. Fragebogen, Auswertungen, Ergebnisse etc., werden so aufbewahrt und gesichert, dass nur die mit der Untersuchung Beauftragten Zugang zu den Daten haben.

Es ist ferner sichergestellt, dass die Auswertungen und Ergebnisse so aufbereitet und anonymisiert sind, dass keinerlei Rückschlüsse auf bestimmte Personen möglich sind.

Nach Abschluss der Studie werden die erhobenen Daten gelöscht (§ 84 SGB X).

Wir bitten Sie um Teilnahme an der Studie und Ihre schriftliche Einwilligung zur Datenerhebung, -Speicherung, -Verarbeitung und -Nutzung.

Auf Wunsch werden Sie über das Ergebnis der Studie unterrichtet.

Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft

Im Auftrag

Unterschrift Ponto

Anlage

---

*Name u. Vorname (in Druckbuchstaben)*

---

*Straße*

---

*Wohnort*

## Einwilligungserklärung

Mir ist bekannt, dass die Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft, Wilhelm-Theodor-Römheld-Straße 15, 55130 Mainz, im Rahmen ihrer Aufgabenkompetenz eine Studie zur Gehörentwicklung von Versicherten mit Gehörschutz-Otoplastiken durchführt. In diese Studie werden auch individuelle Daten über meine Person einbezogen.

Ich gebe hiermit meine Einwilligung, dass die Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft meine personenbezogenen Daten erhebt und die Befunde der beiden letzten Gehörvorsorge-Untersuchungen (G 20) ein-sieht, in Dateien speichert und unter Beachtung der Vorschriften des Sozialdatenschutzes verarbeitet und nutzt, soweit es für die genannte Untersuchung erforderlich ist.

Ich willige ferner ein, dass die Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft Ergebnisse der Untersuchung, soweit sie meine Person betreffen, für Veröffentlichungen nutzen kann, wenn die Ergebnisse in solcher Form anonymisiert sind, dass ein Bezug zu meiner Person nicht mehr möglich ist.

Mir wurde zugesichert, dass nach Abschluss der Studie meine personenbezogenen Daten gelöscht werden.

---

*Datum*

---

*Unterschrift*



## Fragebogen „Lärm und Gehör“ „Beurteilung der Wirksamkeit von Gehörschutz“

Name: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_  
 Alter: \_\_\_\_\_ Nationalität: \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_  
 in: \_\_\_\_\_  
 beschäftigt als: \_\_\_\_\_ seit: \_\_\_\_\_  
 Betriebsteil: \_\_\_\_\_

## Fragebogen

Bitte beantworten Sie folgende Fragen:

### 1. Hören Sie normal?

Ja  Nein  Weiß nicht

### 2. Haben Sie Ohrgeräusche?

(Pfeifen, Summen, Rauschen)  Ja  Ständig  
 Zeitweise  Pulsierend  
 Nein

### 3. Haben Sie vor Ihrer jetzigen Tätigkeit schon im Lärm gearbeitet?

Ja  Nein  
 Gelegentlich, wann \_\_\_\_\_ Lärmquellen: \_\_\_\_\_

### 4. Wieviel Jahre haben Sie insgesamt in starkem Lärm gearbeitet (= Lärm, bei dem eine Verständigung nur mit sehr lauter Stimme möglich ist)?

\_\_\_\_\_ Jahr(e)

Tätigkeiten: von/bis

a \_\_\_\_\_ b \_\_\_\_\_ c \_\_\_\_\_

### 5. Welche Maschinen, Anlagen oder Arbeiten verursachen in Ihrem Arbeitsbereich Lärm?

a \_\_\_\_\_ b \_\_\_\_\_ c \_\_\_\_\_

### 6. Entsteht durch Ihre Tätigkeit Lärm?

Ja  Nein  Gelegentlich  
 Ständig  Regelmäßig

Tätigkeiten:

a \_\_\_\_\_ b \_\_\_\_\_ c \_\_\_\_\_

**7. Wie empfinden Sie diesen Lärm?**

- Sehr laut                       Laut                       Mäßig laut

**8. Fühlen Sie sich durch Lärm am Arbeitsplatz gestört?**

- Ja                       Nein  
 Ständig                       Häufig                       Gelegentlich

**9. Wie schätzen Sie die Gefährdung Ihres Gehörs durch den Arbeitslärm ein?**

- Mein Gehör ist durch den Arbeitslärm nicht gefährdet  
 Mein Gehör ist durch den Arbeitslärm gefährdet.  
 Ich höre nach der Schicht schlechter als morgens.

**10. Tragen Sie am Arbeitsplatz Gehörschutz?**

- Ja                       Nein                       Nur, wenn es laut ist

Welche Art:                      sonstige: \_\_\_\_\_

- Watte                       Stöpsel                       Kapseln

**11. Gibt es Gelegenheiten (Arbeiten, Materialien), bei denen Sie häufiger Gehörschutz tragen als sonst?**

- Nein                       Ja                      Wann? \_\_\_\_\_

**12. Waren Sie bei der Auswahl des Gehörschutzes beteiligt?**

- Ja                       Nein

**13. Hören sie laut Musik während der Fahrt zur Arbeitsstätte und nach Hause?**

- Nein                       Ja                      Radio / Walkman

**14. Setzen Sie sich in Ihrer Freizeit Lärm aus?**

- Nein                       Ja

Hören Sie laut Musik, gehen Sie in Diskotheken oder ähnlich laute Orte (Konzert)?

- Nein                       Ja                      \_\_\_\_\_ Stunden/Woche

Sonstiger Lärm (z.B. Motorrad fahren; Heimwerken), Art: \_\_\_\_\_

- Nein                       Ja                      \_\_\_\_\_ Stunden/Woche

**15. Tragen Sie bei ihrer Freizeitbeschäftigung Gehörschutz?**

- Ja                       Nein

**16. Welche Gründe hindern Sie am Tragen von Gehörschutz (bitte ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich)?**

- Bei mir ist es schon zu spät.  
 Ich komme mir komisch vor.  
 Ob Gehörschutz benutzt wird, ist mir egal.  
 Gäbe es einen besseren, würde ich ihn tragen.  
 Ich bin an Lärm gewöhnt.  
 Die meisten anderen tragen auch keinen Gehörschutz.  
 Ich schwitze, es ist warm.  
 Es juckt, es drückt.  
 Ich kann meinen Kollegen nicht hören.  
 Ich kann meine Maschine nicht hören.  
 \_\_\_\_\_

**17. Was ist Ihre Meinung zum Verhalten derjenigen, die keinen Gehörschutz tragen (bitte ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich)?**

- Sie sind leichtsinnig.  
 Sie haben zu wenig Erfahrung.  
 Sie hoffen auf Ihr Glück.  
 Sie sind unvernünftig.  
 Sie vernachlässigen ihre eigene Sicherheit.  
 Sie sollen tun was sie für richtig halten.

**18. Beurteilung des derzeit benutzten Gehörschutzes**

Gehörschutz: \_\_\_\_\_

Tragedauer: 8 7 6 5 4 3 2 1 Stunde(n)

**1. Akustische Eigenschaften:**

	sehr hoch	hoch	mäßig	gering	zu gering
<b>Schalldämmung</b>					
	sehr gut	gut	mäßig	schlecht	gar nicht
Spracherkennung					
Warnsignale hören					
Maschinengeräusche hören					
Richtungshören					
telefonieren					

**2. Handhabung und Trageeigenschaften:**

<b>Handhabung</b>	sehr gut	gut	mäßig	schlecht
Einsetzen				
Herausnehmen				
Reinigen				

<b>Trageeigenschaften</b>	nicht	gering	mäßig	stark
drückt				
Reizung, jucken				
Schweißbildung				
stört beim telefonieren				

<b>Beschaffenheit</b>	sehr gut	gut	mäßig	schlecht
Material				
Passform/Sitz				

<b>Optischer Eindruck</b>	sehr gut	gut	mäßig	schlecht
neu				
benutzt				

**Was sollte am Gehörschutz verbessert werden?**

---



---



---

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit. Ihre Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft

**Berufsgenossenschaft  
Holz und Metall**

Internet: [www.bghm.de](http://www.bghm.de)

Kostenfreie Servicehotline: 0800 9990080-0