

Überprüfung der Schutzwirkung von Gehörschutzotoplastiken in der betrieblichen Praxis mit Hilfe eines Personalisierten Miniaturisierten Dosimeters

Tobias Schmidt¹, Alexander Müller²

¹ Technische Universität Ilmenau, 98693 Ilmenau, Deutschland, Email: tobias.schmidt@tu-ilmenau.de

² Universitätsklinikum Greifswald, 98693 Greifswald, Deutschland, Email: alexander.mueller@uni-greifswald.de

Einleitung

Gehörschutz-Otoplastiken zeigen in der Praxis oft eine verringerte Schalldämmung als bei der Baumusterprüfung ermittelt wurde bzw. vom Hersteller angegeben wird. Bei der Kommunikation am Arbeitsplatz könnten zudem einhergehende Okklusionseffekte zu erhöhten Schalldruckpegeln hinter dem Gehörschutz führen. Um die in der Praxis tatsächlich erreichte Schalldämmung unter Berücksichtigung dieses Effektes zu ermitteln, wurden in verschiedenen Betrieben der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN) speziell angefertigte Gehörschutz-Otoplastiken mithilfe des Prototyps *PMD* (Personalisiertes Miniaturisiertes Lärm-Dosimeter) geprüft. Das Gerät erlaubt eine simultane Schalldruckmessung mit Miniaturmikrofonen vor und hinter der Gehörschutz-Otoplastik. Dadurch wird eine objektive und individuelle Messung am Ohr wirksamer Restschallpegel während des betrieblichen Einsatzes ermöglicht. Die Ergebnisse zeigen teilweise erhebliche Abweichungen zu den angegebenen *APVf*-Werten (Assumed Protection Value) und bestätigen, dass der Okklusionseffekt zu hohen Schalldruckpegeln hinter dem Gehörschutz führen kann. Mithilfe des *PMD* können bei der Funktionsprüfung von Gehörschutz-Otoplastiken Leckagen und/oder Effekte der Okklusion während des Tragens am Arbeitsplatz gemessen werden. Die funktionale Anpassung sowie Auswahl eines geeigneten Filters zur Anpassung an die jeweilige Lärmsituation wird unter praktischen Aspekten erleichtert.

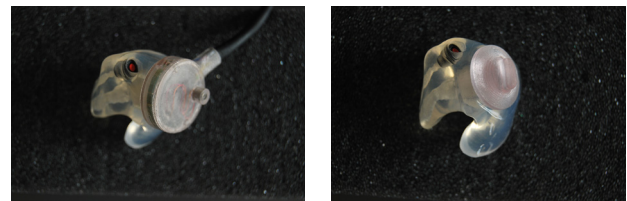
Konzept

Das Personalisierte Miniaturisierte Dosimeter besteht im Wesentlichen aus zwei Teilen. In Abbildung 1 ist das *PMD* dargestellt. Man erkennt ein Frontend, welches am Gürtel getragen wird, und zwei Otoplastiken, welche mit zwei Sonden ausgestattet sind.

Die Sonden des *PMD* sind so gestaltet, dass sie mit Hilfe eines Drehverschlusses an der Otoplastik befestigt werden können (siehe Abbildung 2). In den Sonden befinden sich jeweils zwei Mikrofone; eines vor und eines hinter dem Gehörschutz. Durch den Vergleich der beiden, von den Mikrofonen aufgenommenen Signale, kann die Dämmwirkung einer Otoplastik bestimmt werden. Außerhalb der Messzeiten wird ein Verschlussstopfen in die Otoplastik eingesetzt und diese kann somit als persönlicher Gehörschutz (*PSA*) verwendet werden. Im Rahmen von regelmäßigen Überprüfungen der Dämmwirkung kann der Verschlussstopfen ent-



Abbildung 1: *PMD* mit einem Frontend und zwei Sondenköpfen



(a) (b)

Abbildung 2: Otoplastik mit Sonde (a) und mit Verschlussstopfen (b)

fernt und durch den Sondenkopf des *PMD* ersetzt werden. Dieses Konzept stellt eine kostengünstige Möglichkeit der Überprüfung der Wirksamkeit von Gehörschutzotoplastiken dar, da die verwendete Otoplastik als *PSA* zum Einsatz kommt und somit keine Mehrkosten für „Messotoplastiken“ entstehen.

Messungen in Mitgliedsbetrieben der Berufsgenossenschaften Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN)

Um die Praxistauglichkeit des Verfahrens zu zeigen wurde das *PMD*, unter realen Messbedingungen in getränkeverarbeitenden Betrieben, getestet. Insgesamt wurden acht Probanden (16 Ohren), welche ihren Arbeitsbereich in den Flaschenfüllanlagen der jeweiligen Betrieben haben, mit Otoplastiken versorgt. Als Dämpfer kam jeweils ein *Elacin Biopact ML01* zum Einsatz. Durch eine mechanische Schnittstelle kann der Sondenkopf des *PMD* mit den jeweiligen Otoplastiken verbunden werden. Das Frontend wurde in eine Tasche der Arbeitskleidung gesteckt. Anschließend gingen die Arbeitnehmer ihrer gewohnten Arbeit nach. Die Messzeit betrug jeweils ca. drei

Stunden. Nach Ablauf der Messzeit wurden die Daten mit Hilfe von *Matlab*® weiterverarbeitet. Um den Einfluss der Kommunikation auf den Schalldruckpegel bestimmen zu können, wurden jeweils 15 Sequenzen (ca. 20 s Dauer) „mit Kommunikation“ und „ohne Kommunikation“ aus dem Zeitsignal selektiert. Diese wurden mit Hilfe der modifizierten Oktavbandmethode (nach DIN EN 458) ausgewertet.

$$L'_{A,HGS} = 10 \cdot \log \left(\sum_{f=125}^{8000} 10^{0,1 \cdot (L_{f,HGS} + A_f)} \right) \quad (1)$$

$L'_{A,HGS}$ bezeichnet den am Ohr wirksamen Restschallpegel, f die Mittenfrequenz des Oktavbandes, $L_{f,HGS}$ den Oktavbandschalldruckpegel hinter dem Gehörschutz (HGS) und A_f die Frequenzbewertung A nach DIN EN 61672-1. Die frequenzabhängige Schalldämmung SNR_f lässt sich folgendermaßen ausdrücken:

$$SNR_f = L_{f,VGS} - L_{f,HGS} \quad (2)$$

Dabei bezeichnen $L_{f,VGS}$ der Oktavbandschalldruckpegel vor dem Gehörschutz und $L_{f,HGS}$ den frequenzabhängigen Schalldruckpegel hinter dem Gehörschutz. Während der Kommunikation kann man die Verhältnisse im Gehörgang mit der Formel

$$L_{f,HGS,K} = L_{f,VGS,K} - SNR_f + L_{f,Okklusion} \quad (3)$$

beschreiben. $L_{f,HGS,K}$ und $L_{f,VGS,K}$ bezeichnen die frequenzabhängigen Oktavband-Schalldruckpegel vor (VGS) und hinter dem Gehörschutz (HGS) mit Kommunikation (K). Während der Kommunikation kommt zu dem Schalldruckpegel hinter dem Gehörschutz noch ein frequenzabhängiger Okklusionspegel ($L_{f,Okklusion}$), welcher die Dämmwirkung herabsetzt, hinzu.

Ergebnisse

In Abbildung 3 sind die Verläufe der Oktavbandschalldruckpegel für das linke (oben) und das rechte (unten) Ohr bei Proband 3 dargestellt. Man erkennt, dass beim linken Ohr keine dämmende Wirkung der Otoplastik festzustellen ist. Als Grund kann hier eine hinsichtlich der Schalldämmung ungenügende Ankopplung der Otoplastik an den Sondenkopf genannt werden. Am rechten Ohr lässt sich eine dämmende Wirkung erkennen, wobei auch hier die Abdichtung nicht optimal erscheint. Eine deutliche Reduktion der Dämmwirkung in den unteren Frequenzbereichen ($< 1 kHz$) ist im Falle der Kommunikation auszumachen.

Die wesentlichen Ergebnisse dieser Studie sind:

- In den Datenblättern angegebene Schalldämmungen werden häufig nicht erreicht.
- Die wirksame Schalldämmung wird durch Kommunikation herabgesetzt.

- Die Auswahl eines geeigneten Gehörschutzfilters kann mit dem *PMD* wesentlich vereinfacht werden.
- Eine Überprotektion führt zu einer eingeschränkten Kommunikationsfähigkeit und infolge dessen zu sehr hohen Schalldruckpegeln hinter dem Gehörschutz.

Ausblick:

- Der Okklusionseffekt muss durch Modifikationen der Otoplastik verringert werden.
- Mechanische Probleme bei der Verbindung zwischen *PMD*-Sonde und Otoplastik sind noch zu lösen.
- Die Schutzwirkung der Otoplastik könnte mittels *PMD* in Kombination mit einer Freifeldmessung überprüft werden.
- Der Okklusionseffekt könnte mit Hilfe standardisierter Sprachtests untersucht werden.

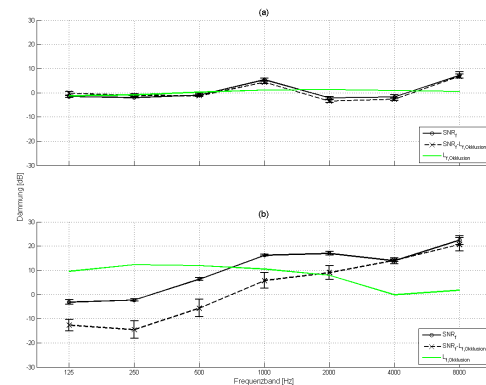


Abbildung 3: Frequenzabhängige Oktavbandschalldruckpegel Proband 3

Danksagung

Diese Arbeit wurde durch die Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN) unterstützt.

Literatur

- [1] Müller, A.; Schmidt, T.; Elste, Th.; Sachs, M.; Töpfer, H.; Witte, H.: Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm im Sinne der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung mithilfe Personalisierter Miniaturisierter Lärm-Dosimeter (*PMD*). *Lärmbekämpfung* 4(3) (2009), 116-121
- [2] Müller, A.; Schmidt, T.; Grosch, J.; Gobsch, H.; Witte, H.: Beurteilung der Schutzwirkung von Gehörschutz-Otoplastiken unter realen Messbedingungen in der betrieblichen Praxis mithilfe Personalisierter Miniaturisierter Lärm-Dosimeter (*PMD*). *Lärmbekämpfung* 5(6) (2010), 239-244