

Prüfverfahren für Gehörschützer unter Impulslärm – eine Übersicht

Sandra Dantscher

Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA), 53757 Sankt Augustin, E-Mail: sandra.dantscher@dguv.de

EG-Baumusterprüfung nach 89/686/EWG

Die EG-Baumusterprüfung für eine persönliche Schutzausrüstung wie Gehörschutz erfolgt so weit möglich nach harmonisierten Normen. Eine Erfüllung solcher Normen löst die Vermutungswirkung zur Einhaltung der europäischen Richtlinie aus. Für Gehörschützer sind die Normen der Reihe EN 352 anzuwenden.

Alle bisher existierenden Prüfverfahren verwenden nur Dauergeräusche (Rauschen). Es wird aber nicht das Verhalten der Gehörschützer (passive oder elektronisch aktive) unter Impulsgeräuschbelastung untersucht.

Gehörschützer und Impulslärm

Allerdings gibt es Anwendungsfälle – vor allem Schießlärm, aber auch Industrieerläusche, bei denen die maßgebliche Gefährdung durch Impulslärm verursacht wird. Es existiert bisher kein Prüfverfahren zur Bestimmung der Schutzwirkung, so dass das CEN/TC 159 ein entsprechendes Normungsprojekt gestartet hat. In einem ersten Schritt wurde mit einer Literaturstudie ermittelt, welche Prüfverfahren bereits existieren.

Das Hauptaugenmerk lag dabei auf zwei Arten von Produkten: elektronischen pegelabhängig dämmenden Gehörschützern und passiven, nicht-linearen Gehörschutzstöpseln. Für elektronische pegelabhängig dämmende Produkte, die oft speziell für Schützen angeboten werden, liegen Messungen vor, die eine Erhöhung des Mittelungspegels unter dem Gehörschutz bei Impulslärm im aktiven Zustand zeigen [1]. Ursache ist ein Mitschwingen der Elektronik im Bereich einiger kHz.

Passive nicht-lineare Stöpsel werden von Polizei, Militär und privaten Schützen eingesetzt. Sie haben den Vorteil, dass das Filter für niedrige Pegel kaum Dämmung aufweist, was die Kommunikationsfähigkeit verbessert. Erst bei Spitzenschalldruckpegeln von ca. 130 dB ist eine nennenswerte Dämmwirkung sichtbar [2][3]. Dieses Verhalten lässt sich durch die Standardprüfungen der EN 352 nicht beschreiben.

Messapparatur

Im Gegensatz zur Bestimmung der passiven Schalldämmung nach ISO 4869-1 an der Hörschwelle mit Versuchspersonen ist für die Bestimmung der Dämmwirkung von Impulsgeräuschen eine objektive Messung nötig. Der Einsatz von Versuchspersonen ist nur schwer zu realisieren, da bei den verwendeten hohen Spitzenschalldruckpegeln von über 160 dB eine Schädigung schon durch ein Einzelereignis möglich ist. Daher werden typischerweise Kunstköpfe oder ATF („acoustic test fixture“) verwendet. Es existieren verschiedene Varianten, wobei zwei Aspekte wesentlich sind: der Kunstkopf muss eine ausreichende Eigen-

schalldämmung aufweisen (siehe ISO 4869-3) und er muss einen geeigneten Ohrsimulator beinhalten (siehe EN 60318-4), damit die gemessenen Pegel unter dem Gehörschutz mit denen in menschlichen Ohren vergleichbar sind.

Schallquelle

Im Prinzip stehen drei Verfahren der Schallerzeugung zur Verfügung: mechanisch (z.B. Starterklappe), Druckluft oder Sprengstoff. Berücksichtigt man die Anforderungen nach Reproduzierbarkeit und Einsatz im Labor, bleibt nur eine druckluftbetriebene Schallkanone („foil blaster“) für ein Normverfahren. Dabei wird ein auf einer Seite offener Behälter mit einer Membran (z.B. Karton oder Nylonfolie) verschlossen, unter Druck gesetzt und die Folie dann abrupt perforiert [4]. Am besten spezifiziert ist eine Bauform, die in den USA im Rahmen der Norm ANSI S12.42-2010 entwickelt wurde. Dabei wird eine Druckluftkanone verwendet, die vor dem Druckzylinder noch ein Horn (Länge über 1 m) besitzt, das für die Impedanzanpassung von Quelle zu Luft sorgt und so den maximal erreichbaren Schalldruckpegel erhöht [5].

Charakteristik der Impulse

Ein mögliches Prüfverfahren sollte mit Impulsen arbeiten, die realen Geräuschen (z.B. Waffenkallen) ähnlich sind. Mögliche Parameter sind dabei der Spitzenschalldruckpegel mit entsprechender Frequenzbewertung (A, C, Z), die Anstiegszeit und die Pulsdauer. Für die Dauer finden sich verschiedene Varianten in der Literatur, die mit Schädigungsmaßen (s.u.) verbunden sind [6]. Durch die frequenzabhängige Dämmung der Gehörschützer wird die zeitliche Pulsform u. U. stark verändert. Die Pulsdauer wird größer, da die hohen Frequenzanteile stärker reduziert werden [7].

Zielgrößen der Messung

Bei Messungen von Pegeln unter dem Gehörschutz sind zwei mögliche Messgrößen zu unterscheiden: „insertion loss“ (IL) und „noise reduction“ (NR). Für IL wird der Schalldruckpegel nacheinander mit und ohne Gehörschutz an derselben Stelle (hier: Referenzebene des Ohrsimulators) ermittelt. Dies entspricht dem Ansatz bei der Bestimmung der passiven Schalldämmung mit Versuchspersonen. Für die Impulsmessung sind reproduzierbare Impulse nötig und die Möglichkeit, am offenen Ohr des Kunstkopfs zu messen. Auf Grund der oberen Grenze des Mikrofon-Messbereiches im Ohrsimulator und der Pegelüberhöhung im Ohrkanal ist die Messung auf Freifeld-Spitzenschalldruckpegel von unter 160 dB begrenzt.

Für NR erfolgt die Messung unter dem Gehörschutz und im Freifeld. Diese Differenz berücksichtigt nicht die frequenzabhängige Übertragungsfunktion von Freifeld zu offenem Ohr. Wird sie durch eine weitere Messung ermittelt, können

die Messwerte noch auf IL umgerechnet werden. Zur Ermittlung der Übertragungsfunktion lassen sich Impulse mit ausreichend niedrigen Pegeln oder Dauergeräusche (in Terzbändern oder schmalbandig) einsetzen.

Welche Größen sollen für die Beurteilung der Schutzwirkung des Gehörschützers herangezogen werden? Diese Frage ist eng verknüpft mit der Anwendung von Schädigungsmaßen. So verlangen die Risikomaße nach Chaba, Pfander und Smoorenburg jeweils einen Spitzenschalldruckpegel und eine Pulsdauer [4]. Die europäische Lärm-Richtlinie 2003/10/EG legt als Präventionswert nur einen C-bewerteten Spitzenschalldruck fest. In der Schweiz wird ein SEL von 120 dB(A) als Grenzwert angewendet [8]. Aber auch auf den ganzen Arbeitstag bezogene Lärmdosen werden betrachtet (L_{Aeq8h}) [4].

Kategorisierung der publizierten Verfahren

Im Folgenden werden die wichtigsten der publizierten Verfahren nach den unterschiedlichen Herangehensweisen eingeordnet und kurz beschrieben. Es existieren Verfahren, die die Dämmung für Impulslärm durch die passiven Schalldämmwerte nach ISO 4869-1 ausdrücken. Dabei sind teilweise Abschläge für tief- oder mittelfrequente Impulse nötig (siehe EN 458 und [7]). Das Auswahlverfahren, das in Deutschland bei der Bundeswehr eingesetzt wird, basiert auf dem Risikomaß nach Pfander und einem sog. Knalldämmwert, dem energetischen Mittelwert der Dämmung bei 500 Hz, 1 und 2 kHz.

Alle im Weiteren genannten Verfahren verwenden Prüfungen mit Impulslärm. Für elektronische pegelabhängig dämmende Gehörschützer wird zum einen ein Verfahren diskutiert, das den Schall unter dem Gehörschutz in Terzbändern zwischen aktivem und passivem Zustand vergleicht [9]. Zum anderen macht die Technische Richtlinie der Polizei Vorgaben für den maximalen, durch den Lautsprecher produzierten Pegel und die minimalen Verschlusszeiten der Elektronik [10].

Für passive Gehörschützer (mit und ohne Nicht-Linearität) liegen zahlreiche Arbeiten verschiedener Gruppen vor. So wurden Differenzen in den Spitzenschalldruckpegeln ermittelt – als IL und NR [4][11]. Für IL wurde dabei jeweils mit der Übertragungsfunktion korrigiert (in Terzbändern [2] oder FFT (ANSI S12.42-2010)). Zusätzlich wurden auch die Pulsdauern unter dem Gehörschutz gemessen und mit dem Freifeldwert verglichen [4]. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Dämmung frequenzabhängig in Terzbändern anzugeben [2]. Interessant ist auch ein Ansatz, der einen Kurzzeit- L_{eq} über 40 ms betrachtet, der sowohl mit einer Ohrübertragungsfunktion als auch mit Faktoren zur Knochenleitung und Okklusionseffekt korrigiert ist, um möglichst vergleichbare Werte wie beim Menschen zu erhalten [12].

Zusammenfassung und Bewertung

Aus der Fülle der beschriebenen Verfahren lassen sich zwei herausgreifen, die bereits relativ gut standardisiert sind. Zum einen die Messmethode des ISL, die Sprengstoff als Schallquelle verwendet und somit allerdings nicht für eine Baumusterprüfung im Labor einsetzbar ist. Und zum anderen

das Verfahren der ANSI S12.42-2010, das detailliert die Schallquelle (Druckluftkanone mit Horn) und den Kunstkopf festlegt. Außerdem wird der komplette Pegel-Zeitverlauf aufgezeichnet und mit Hilfe der FFT ein freifeld-bezogener Spitzenschalldruckpegel unter dem Gehörschutz berechnet. Zielgröße ist der IPIL („impulse peak insertion loss“).

Generell ist die Beschränkung der Messgrößen auf die Dämmung des Spitzenschalldruckpegels zu diskutieren. Beide Verfahren bieten aber die Möglichkeit, durch die spektrale Dämmung (ISL) oder die entsprechende Auswertung des Pegel-Zeitverlaufs (ANSI) auch weitere (energiebezogene) Größen zu bestimmen.

Der nächste Schritt im CEN/TC 159 sollten erste vergleichende Messungen zwischen den Labors sein, mit denen die publizierten Verfahren nachvollzogen und beurteilt werden können.

Literatur

- [1] Hamery, P.: ISL-Report ISL R102/2002D, ISL, Saint-Louis, 2002
- [2] Hamery, P., Dancer, A., Evrard, G.: ISL-Report ISL R128/97, ISL, Saint-Louis, 1997
- [3] Berger, E.H., Hamery, P.: ISL-Report ISL-PU 633/2009, ISL, Saint-Louis, 2009
- [4] Zera, J., Mlynski, R.: Attenuation of high-level impulses by earmuffs, *J. Acoust. Soc. Am.* **122** (4), p. 2082-2096, 2007
- [5] Khan, A., Murphy, W.J., Zechmann, E.L.: Design and construction of an acoustic shock tube for generating high-level impulses to test hearing protection devices, EPHB Report No. 350-12a, NIOSH, 2012
- [6] Buck, K.: Performance of Different Types of Hearing Protectors Undergoing High-Level Impulse Noise, *JOSE* **15** (2), p. 227-240 (2009)
- [7] Smoorenburg, G.F.: Assessment of hearing protector performance in impulsive noise. Final report, TNO-Report TM-96-C042, Soesterburg, 1996
- [8] Hohmann, B.W.: Untersuchungen zur Gehörschädlichkeit von Impulslärm, Dissertation, ETH Zürich, 1984
- [9] Entwurf eines „Recommendation for Use sheet RfU 04-016“ der europäischen notifizierten Stellen für Gehörschutz im Rahmen des HC/NB PPE
- [10] Technische Richtlinie (TR) „Gehörschützer für das Schießen“, Polizeitechnisches Institut der Deutschen Hochschule der Polizei, Münster, 2010
- [11] Paakkonen, R., Lehtomaki, K.: Protection efficiency of hearing protectors against military noise from handheld weapons and vehicles, *Noise Health* **7** (26), p. 11-20, 2005
- [12] Lenzuni, P., Sangiorgi, T., Cerini, L.: Attenuation of peak sound pressure levels of shooting noise by hearing protective earmuffs, *Noise Health* **14** (58), p. 91-99 (2012)