

Prüfverfahren für das Hören von Warnsignalen mit Gehörschutz für Lokrangierführer

Eva-Maria Ascherl¹, Edwin Schorer², Michael Kogel³

¹ Müller-BBM GmbH, 82152 Planegg, E-Mail: eva-maria.ascherl@mbbm.com

² Müller-BBM GmbH, 82152 Planegg, E-Mail: edwin.schorer@mbbm.com

³ Müller-BBM GmbH, 82152 Planegg, E-Mail: michael.kogel@mbbm.com

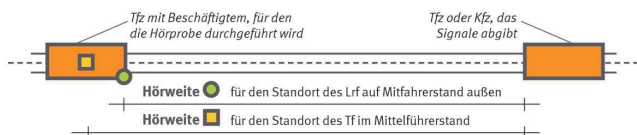
Projektmotivation

Bei Tätigkeiten im Eisenbahnbetrieb, die das Tragen von Gehörschutz erfordern, ist eine individuelle Hörprobe nach BGI/GUV-I 5147 vorgeschrieben. Die Notwendigkeit der Gehörschutzbenutzung besteht vor allem für Lokrangierführer, welche Triebfahrzeuge über Funk fernsteuern und gleichzeitig im Gleisbereich außerhalb geschlossener Fahrzeuge als Rangierer tätig sind.

Bisher wird anhand einer Positivliste, welche auf einem Berechnungsverfahren [1] beruht, ein Gehörschutz ausgewählt. Diese rechnerische Vorauswahl unterteilt anhand der jeweils berechneten Signalthörbarkeit die Gehörschützer in sog. E-Kategorien. Nach der Auswahl wird mittels Hörtest am Arbeitsplatz das Warnsignal hören mit Gehörschutz bei jedem Probanden individuell überprüft. Für das aktuelle Verfahren werden zwei Triebfahrzeuge (Signalgeber / Abhörposition) und eine freie Gleisstrecke von bis zu 550 m Länge benötigt [2]. Da dieser Hörtest auf dem Vergleich mit und ohne Gehörschutz beruht, müssen die Randbedingungen für beide Tests gleich sein. Der Dieselmotor des Triebfahrzeugs, auf dem der Hörtest stattfindet, wird auf ca. 2/3 der Nenn-drehzahl eingestellt [2]. Der Proband führt den Test im Führerstand oder am Mitfahrstand außen durch. Zunächst wird die sog. Hörweite ermittelt, wo der Proband das Typhon- oder Hupsignal ohne Gehörschutz unter den vorliegenden Umgebungsbedingungen gerade noch hört. Bei 90% dieser ermittelten Distanz wird der Test mit eingesetztem Gehörschutz wiederholt. Der Test gilt als bestanden, wenn der Proband in der verkürzten Hörprobenentfernung das abgegebene Signal der zweiten Lokomotive dreimal sicher wahrnehmen kann. Geprüft wird hier nicht das Hörvermögen oder eventuell vorhandene Hörverluste, sondern lediglich, ob der zu prüfende Gehörschutz das Warnsignal hören beeinträchtigt.

Ermitteln der individuellen Hörweite

(das ist die Entfernung, bei der der Beschäftigte ohne Gehörschutz das Typhon- oder Hupsignal gerade noch hört)



Festlegen der Hörprobenentfernung

(das ist die Entfernung, bei der die Hörprobe für den Beschäftigten ohne und mit Gehörschutz durchzuführen ist)



Abbildung 1: Ermittlung der individuellen Hörweite und Festlegen der Hörprobenentfernung [2]

Die Hörprobe erfordert großen organisatorischen und zeitlichen Aufwand und führt zu starker Lärmbelastung für benachbarte Arbeitsbereiche und das sonstige Umfeld. Ziel des Projekts ist die Erarbeitung eines Verfahrens für die individuelle Hörprobe, das unter Laborbedingungen in Büroräumen durchgeführt werden kann.

Entwicklung eines alternativen Verfahrens

Oberstes Ziel ist auch hier die Sicherstellung der Hörbarkeit von Warnsignalen beim Tragen von Gehörschutz im Eisenbahn-Rangierbetrieb. Da das alternative Prüfverfahren evtl. in die betriebsärztliche Routineuntersuchung eingegliedert werden soll, dient ein normaler Büroraum mit minimal zu erfüllenden akustischen Kriterien als Prüf-umgebung.



Abbildung 2: Abhörsituation im Büroraum

Bei dem alternativen Verfahren beruht die Gehörschutzauswahl ebenfalls auf der rechnerisch ermittelten Positivliste [1]. Die akustische Umgebung (Störschall und Warnsignal) können je nach Triebfahrzeugtyp, Arbeitsposition und Einsatzart gewählt werden. Wiedergegeben werden die gewählten Signale über Lautsprecher. Das Abhören der Signale erfolgt binaural. Für diese Art der Signaldarbietung sind zweikanalige Aufzeichnungen nötig. Mit Hilfe eines kopfbezogenen Aufnahmesystems wurden Stör- und Warnsignale bei unterschiedlichen Fahrzuständen auf Lokomotiven aufgezeichnet und gemessen.



Abbildung 3: Kopfbezogenes Aufnahmegerät; rechts im Einsatz auf dem Mitfahrstand

Die eigentliche Prüfmethode beruht auf dem Vergleich der Mithörschwellen (MHS) mit und ohne Gehörschutz. Dazu wird das ausgewählte Lok-Hintergrundgeräusch (Störsignal) in zwei Intervallen dargeboten. In einem der beiden Intervalle wird zusätzlich beispielsweise ein Typhonsignal als Warnsignal dargeboten. Im Gegensatz zum gleichbleibenden Pegel des Störsignals wird das Warnsignal mit zufällig ausgewähltem Pegel zugespielt. Diese Pegeländerung erfolgt in sieben Stufen gemäß einem Vorversuch. Der Proband antwortet mittels eines Interfaces, in welchem Intervall er das Warnsignal wahrgenommen hat (2AFC-Abfragemethode [3]). Bei einer richtigen Antwort wird der Warnsignalpegel um eine Stufe reduziert. Der Pegel wird jedoch um zwei Stufen erhöht, wenn der Proband falsch antwortet. Zunächst wird im Probelauf das Warnsignal stark überschwellig dargeboten. Der Proband soll zunächst das Warnsignal klar vom Störsignal unterscheiden lernen und sich dann der Mithörschwelle annähern.

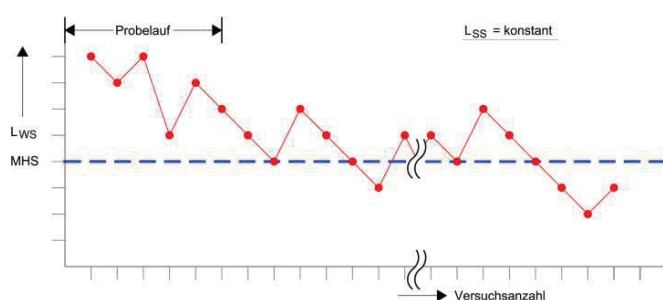


Abbildung 4: Schematische Darstellung der 2AFC-Mithörschwellen-Ermittlung

Die Mithörschwelle für die gewählte Warn-Störsignalkombination entspricht dem Pegelmittelwert nach der Einschwingphase. Der Gehörschutz ist geeignet, wenn die Mithörschwellen sowohl mit als auch ohne Gehörschutz sich um nicht mehr als eine Stufe unterscheiden.

Voruntersuchungen

Zunächst mussten die Mithörschwellen ohne Gehörschutz zur Ermittlung der mittleren Stufe und der Stufenhöhe ermittelt werden. Die Probanden antworten in den Voruntersuchungen mit der Einstellmethode. Eine Stufenhöhe von jeweils 3 dB erwies sich als sehr geeignet. Der Pegel des zugespielten Warnsignals variiert zwischen +12 dB und -6 dB, unterteilt in sieben Stufen. Aufgrund der stark unterschiedlich lauten Hintergrundgeräusche sind die Mithörschwellen für jede Warn-Stör-Signalkombination bei der Voruntersuchung sehr unterschiedlich. Allerdings streuen auch die Antworten der Versuchspersonen (VP) deutlich. Dieser Test wurde mit einem geeigneten Stöpsel-Gehörschutz und einer ungeeigneten Kapsel als Negativtest wiederholt.

In der folgenden Graphik ist die Differenz zwischen den Werten mit und ohne Gehörschützern vergleichend für eine Auswahl an Kombinationen dargestellt.

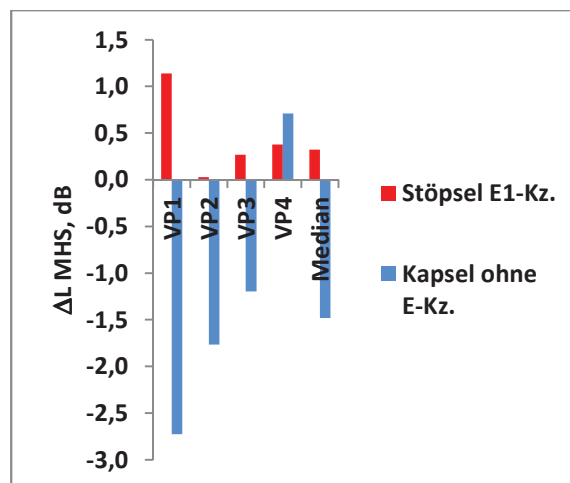


Abbildung 5: Vergleich der Differenz von 48-Warn-/Störsignalkombinationen ohne und mit Gehörschutz für vier Versuchspersonen und zwei verschiedene Gehörschützer.

Abbildung 5 zeigt, dass beide Gehörschützer eine Mithörschwellenverschiebung bewirken, die bei beiden Gehörschützern unterschiedlich groß ist. Während der Stöpsel die MHS im Mittel sogar leicht Richtung besserer Signalhörbarkeit verschiebt, ergibt sich beim Kapsel-Gehörschutz eine negative Schwellenverschiebung zwischen 1 und 2 dB. Somit ist der Stöpsel hinsichtlich des Warnsignalhörens geeigneter als die Kapsel mit ihrer auch individuell stark unterschiedlichen Schwellenverschiebung.

Ausblick

Da es sich um einen Projektzwischenbericht handelt, kann hier noch nicht auf weitere Ergebnisse eingegangen werden. Das Programm muss zunächst ausführliche Tests mit einer Vielzahl an Probanden in unterschiedlichsten Räumen durchlaufen. Bislang wird der Raumeinfluss als vernachlässigbar eingeschätzt, da die Signale im Nahfeld abgehört werden. Allerdings sollen minimale akustische Anforderungen, wie beispielsweise Ausstattung mit Teppichboden und vorhandene Büroeinrichtung formuliert und eingehalten werden. Das alternative Verfahren soll abschließend durch Vergleich mit den Ergebnissen der aktuellen Methode validiert werden.

Literatur

- [1] Hans Lazarus, Horst Wittmann, Walter Weißenberger und Hans Meißner, Die Wahrnehmbarkeit von Rottentypen beim Tragen von Gehörschutz, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, 1983
- [2] Lärmschutzmaßnahmen für Triebfahrzeugführer und Lokrangierführer, VBG-Fachinformation BGI/GUV-I 5147, 2011
- [3] B. Kollmeier, U. Sieben, Messgenauigkeit von adaptiven AFC-Verfahren, Fortschritte der Akustik - DAGA 1984