

## Vom Gehörschutz-Check zum Gehörschutz-Instruktor

Beat W. Hohmann

Bereich Physik, Suva, CH-6002 Luzern, E-Mail: [Beat.Hohmann@suva.ch](mailto:Beat.Hohmann@suva.ch)

### Einleitung

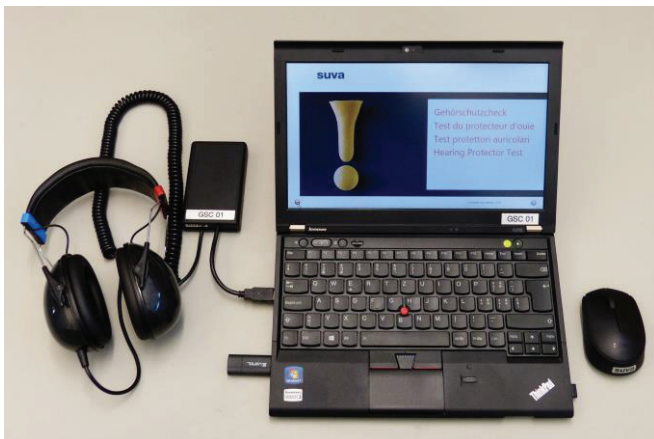
Die Anwendung von Gehörschutzpfropfen stellt einen Schwachpunkt der Gehörschadenprophylaxe dar, weil ihre Wirkung trotz guter Prüfergebnisse im Labor in der praktischen Anwendung enttäuschend ausfallen kann.

Der an der DAGA 2017 vorgestellte Gehörschutzcheck der Suva [1] wurde im Sommer 2017 realisiert und ist seit Herbst einsatzbereit. Allerdings war noch eine wesentliche Modifikation am Kopfhörer erforderlich, um ihn für alle Arten von Gehörschutzpfropfen verwendbar zu machen. Die realisierte Ausführung wird nachfolgend besprochen.

Die Betriebe können den Gehörschutzcheck aus eigener Initiative bei der Suva anfordern und mit ihren Mitarbeitenden durchführen, oder sie werden bei schlechten Hörtest-Resultaten auf dem Audiomobil der Suva dazu verpflichtet. Von ersten Erkenntnissen und Erfahrungen aus diesen Einsätzen wird berichtet.

### Aufbau, PC und Software

Abbildung 1 zeigt den Aufbau des Gehörschutzchecks.



**Abbildung 1:** Aufbau des Gehörschutzchecks mit Interfacebox und modifiziertem Kopfhörer MD-5000DR.

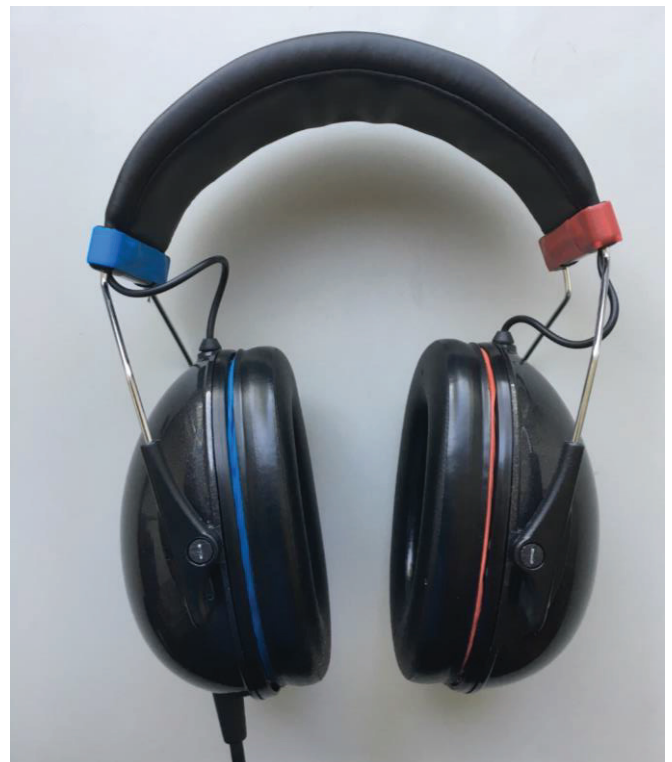
25 kompakte und robuste Notebooks Lenovo X230 (mit SSD) konnten als preisgünstige Occasionen à 90 Euro für den Gehörschutzcheck übernommen werden, nachdem sie im Suva-internen Einsatz abgelöst worden waren. Der Betrieb mit Windows 7 statt Windows 10 bedeutete keinerlei Einschränkung (eher im Gegenteil). Prohibitiv wäre allerdings die eingebaute Soundkarte mit ihrem untauglichen Kleinsignalverhalten gewesen (zur Vortäuschung eines guten Störabstands wird der Ausgang bei sehr schwachen Audiosignalen stummgeschaltet). Dank der Verwendung eines externen USB-Wandlers spielte dies aber keine Rolle, und generell konnte der Gehörschutzcheck so vom verwendeten Notebook unabhängig gemacht werden.

Die Software wurde wie bereits 2016 das Audio-Demo-Modul der Suva von der Firma CiAD in Dortmund entwickelt. Die adaptive Schwellenaudiometrie mit Sinus-Doppelton beruht auf dem Kaernbach-Verfahren und hat an der Hörschwelle eine Auflösung von 2 dB, was wegen der anschliessenden Differenzbildung ohne/mit Gehörschutz wichtig ist. Das erste Audiogramm wird für die Frequenzen 500 Hz bis 6 kHz durchgeführt, und zwar bis -5 dB HL, damit auch bei Guthörenden die Dämmwirkung des Gehörschutzes korrekt gemessen werden kann.

Die Software steht in den Sprachen Deutsch, Französisch, Italienisch und Englisch zur Verfügung, arbeitet aber mit Rücksicht auf die vielen anderssprachigen Arbeitnehmer – gerade an lärmbelasteten Arbeitsplätzen – mit üblichen grafischen Symbolen (Start, Stopp, Papierkorb etc.).

### Kopfhörer und Interface

Der Schlagzeugerkopfhörer Monacor MD-5000DR gefiel mit seiner hohen Dämmung der Aussengeräusche. Bei ersten Versuchen zeigte sich aber, dass der verfügbare Abstand zum Ohr nicht genügte, so dass Gehörschutzpfropfen mit "Stiel" (wie Ultrafit) berührt oder sogar angedrückt wurden, was die Resultate verfälschte. Deshalb wurden statt der originalen Ohrpolster solche aus dem Ersatzhygieneset Peltor HY-25 montiert (Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Modifizierter Kopfhörer MD-5000DR mit Ohrpolster Peltor HY-25.

Der innenseitig entstandene Schlitz zwischen Kopfhörer und Ohrpolster und das Volumen dahinter führten zu Unregelmäßigkeiten im Frequenzgang. Sie konnten durch Auffüllen mit einem Schaumstoffdichtungsband wieder beseitigt werden.

Direkt an den D/A-Wandler mit 16 Bit Auflösung angeschlossen, genügte der Rauschabstand für Messungen an der Standardhörschwelle nicht. Deshalb wird das Ausgangssignal des Wandlers passiv um 20 dB gedämpft. Wandler und Dämpfungsglied sind in der Interfacebox untergebracht, die untrennbar mit dem Kopfhörer verbunden ist und mit diesem einen digitalen Kopfhörer mit USB-Anschluss bildet.

### Erweiterung zum Gehörschutz-Instruktor

Über die Dämmungsmessung hinaus wurde der Gehörschutzcheck zu einem einfachen Gehörschutz-Instruktor erweitert: Fällt das Resultat der Dämmungsmessung in der ersten Messung ungenügend aus, werden vor der Wiederholung die drei wichtigsten Merkpunkte zur korrekten Anwendung des jeweiligen Gehörschutztyps (den der Proband zuvor angeben muss) gezeigt. Der Proband muss sie einzeln quittieren.



Abbildung 3: Je drei Merkpunkte zur Anwendung der drei verschiedenen Gehörschutz-Typen werden gezeigt.

### Anzeige der Resultate

Während der Messungen werden die Hörkurven ohne und mit Gehörschutz ähnlich einem Audiogramm angezeigt.

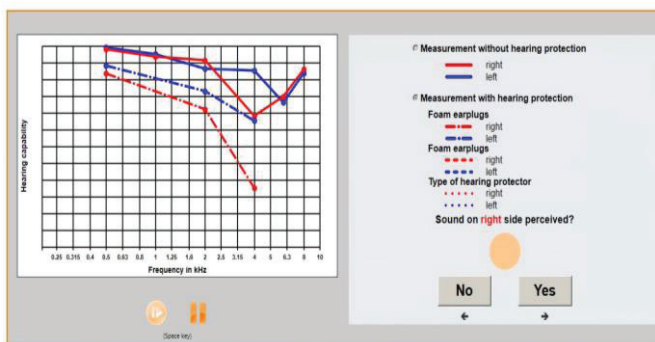


Abbildung 4: Anzeige während der Durchführung des Gehörschutzchecks.

Bis zu drei Messungen mit Gehörschutz sind möglich, sei es mit dem gleichen oder mit einem anderen, möglicherweise passenderen Gehörschutz.

Aus dem gemessenen Insertion Loss bei 500 Hz, 2 kHz und 4 kHz ermittelt das Gerät den maximal zulässigen  $L_{EX}$ :

Tabelle 1: Insertion Loss und Lärmexpositionspegel

Schutz ok bis $L_{EX}$	Insertion Loss		
	500 Hz	2 kHz	4 kHz
90 dB(A)	$\geq 5$ dB	$\geq 10$ dB	$\geq 15$ dB
95 dB(A)	$\geq 10$ dB	$\geq 15$ dB	$\geq 20$ dB
100 dB(A)	$\geq 15$ dB	$\geq 20$ dB	$\geq 25$ dB

Die höhere Dämmungsanforderung bei 2 kHz und vor allem bei 4 kHz berücksichtigt die erhöhte Empfindlichkeit des Gehörs bei 2 und vor allem 4 kHz.

### Reports

Zwei verschiedene Berichte werden als PDF auf dem Speicherstick des Betriebs gespeichert: der eine für den Arbeitnehmer selbst, der andere – ohne die Hörkurven – für die Sicherheitsfachkraft (Abbildung 5).

Dämmwerte des Gehörschutzes:				
Gehörschutztyp	Ohrseite	500 Hz	2 kHz	4 kHz
Schaumstoffpfropfen	Links	35 dB	30 dB	20 dB
	Rechts	32 dB	35 dB	45 dB
vorgeformte Plastikpfropfen	Links	15 dB	10 dB	25 dB
	Rechts	17 dB	25 dB	38 dB
Gehörschutztyp	Links	-	-	-
	Rechts	-	-	-

Seitengetrennte Bewertung des Gehörschutzes:		
Gehörschutztyp	Ohrseite	Schutzgrenze
Schaumstoffpfropfen	Links	Schutz genügend bis $L_{EX}$ 95 dB(A)
	Rechts	Schutz genügend bis $L_{EX}$ 115 dB(A)
vorgeformte Plastikpfropfen	Links	Schutz genügend bis $L_{EX}$ 90 dB(A)
	Rechts	Schutz genügend bis $L_{EX}$ 102 dB(A)
Gehörschutztyp	Links	-
	Rechts	-

Abbildung 5: Report für die Sicherheitsfachkraft

Auf dem Gerät bleibt aus Datenschutzgründen nur ein anonymes csv-Protokoll über den Testzeitpunkt, den Typ des Gehörschutzes und die gemessene Dämmwirkung.

### Erfahrungen im Einsatz

Die Arbeitnehmer wünschen unbedingt ein Feedback zu ihrem Hörvermögen. Obwohl dies nicht das Ziel des Gehörschutzchecks ist, soll dieser Kritik mit einer Software-Ergänzung Rechnung getragen werden. Hierbei kann auf das Audio-Demo-Modul zurückgegriffen werden, das ein alters- und geschlechtsabhängiges Feedback gibt.

### Literatur

- [1] Hohmann, B.: Kostengünstiger Gehörschutzcheck. Fortschritte der Akustik, 43. DAGA in Kiel (2017)
- [2] Sickert, P.: Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit der individuellen Schalldämmungsmessungen von Gehörschutz mit verschiedenen Messsystemen. Fortschritte der Akustik, 43. DAGA in Kiel (2017)