

Knallbelastung des Eishockey-Torwarts beim Aufprall des Pucks auf die Maske

Beat W. Hohmann

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva), Luzern, E-Mail: hob@suva.ch

Einleitung: Vom Schuss zum Tinnitus

Ein Junior-Eishockeytorwart erlitt durch den Aufprall eines Pucks auf die Gesichtsmaske einen Gehörschaden mit einer einseitigen Höreinbusse von 60 bis 95 dB bei 4000 und 6000 Hertz und einem permanenten Ohrgeräusch (Tinnitus).

In Zusammenarbeit mit Eishockey-Spezialisten klärte die Suva die Gefährdung des Gehörs in dieser Situation ab.

Die dabei verwendete Methode zur Beurteilung von Knallen im Hinblick auf das Risiko einer Gehörschädigung wird begründet und mit anderen Methoden verglichen.

Messungen

Die Messungen fanden am 27. Mai 2013 auf dem Eishockeyfeld in Rapperswil statt.

Die Goalie-Maske war auf einen Kunstkopf Neumann KU-81 aufgesetzt. Es wurden jedoch nicht dessen eingebaute (Studio-)Mikrofone verwendet, sondern ¼"-Messmikrofone, die in Schaumstoff-Windschütze eingepackt (um eine direkte mechanische Übertragung des Schlags zu verhindern) und in den Ohrmulden des Kunstkopfs fixiert waren. Der Kunstkopf war über einen Schaumstoffblock und ein Stativ so nach hinten abgestützt, dass sich ein ähnliches Zurückfedern ergab (beurteilt anhand der Videoaufnahmen) wie bei einem "menschlichen" Goalie.

Der Kunstkopf war frontal (0°) oder abgedreht (um ca. 45°) in einer Distanz von 8,6 m zur Puck-Schiessmaschine "Boni Typ Pro" (Einstellung 75%) aufgebaut. Aus den Videoaufzeichnungen konnte eine Flugdauer (Mündung der Puck-Schiessmaschine bis zur Maske) von 0.36 bis 0.38 Sekunden ermittelt werden. Auf die Distanz von 8.6 m entspricht dies 23.9 m/sec oder 86 km/h. Diese Geschwindigkeit kann für eine Trainingssituation als typisch betrachtet werden. Es wurden schon deutlich höhere Geschwindigkeiten gemessen. Drei Masken kamen zum Einsatz, gefertigt in unterschiedlichen Materialien und mit unterschiedlichem Aufbau. Als improvisierte Massnahme zur Dämpfung des Aufpralls (Simulation einer weichen Aussenbeschichtung) wurde ein Frotteetuch einschichtig über die Maske gelegt.

Es wurden zwei Schallpegelmesser Norsonic 118 eingesetzt (für links bzw. rechtes Ohr). Zusätzlich erfolgte eine Aufzeichnung auf einem Edirol R-44 (24 Bit, 48 kHz).

Messresultate

Die Ergebnisse sind als typische Schallpegelwerte in Tabelle 1 zusammengestellt. Es wurden Peak-Pegel über 160 dB(A) und L_E über 130 dB(A) erreicht. Die Unterschiede zwischen den Masken waren unbedeutend; die Maximalpegel einer Serie lagen jeweils um etwa 3 dB höher als die hier aufgeführten Werte.

Die Dämpfung des Aufpralls durch ein über den Kunstkopf gelegtes Frotteetuch reduzierte die Schallpegel um 4-6 dB.



Abbildung 1: Die Maske sass auf einem Kunstkopf mit in den Ohrmulden eingesetzten Miniatur-Messmikrofonen.

Tabelle 1: Messergebnisse

Winkel	Schalldruckpegel, typische Werte			
	linkes Ohr		rechtes Ohr	
	L_{Peak} dB(A)	L_E dB(A)	L_{Peak} dB(A)	L_E dB(A)
0°	158	128	157	126
45°	162	130	155	125
mit Dämpfung des Aufpralls durch Frotteetuch				
	L_{Peak}	L_E	L_{Peak}	L_E
0°	152	122	152	122
	- 6	- 6	- 5	- 4

Beurteilung von Knallereignissen

Frequenzbewertung

Wie verformt sich ein Knall vom freien Schallfeld bis zum Ort der Schädigung, dem Innenohr? Abbildung 2 vergleicht verschiedene Übertragungsfunktionen ("Ohrkurven") mit den Bewertungsfiltren A und C:

- Übertragungsfunktion für Aussen- und Mittelohr [1],
- Hörschwelle (minimum audible field) ISO 389-7, 2005
- 40-Phon-Kurve (minimaler Einfluss aktiver Vorgänge)
- Kurve gleicher Schädlichkeit "critical level" [2].

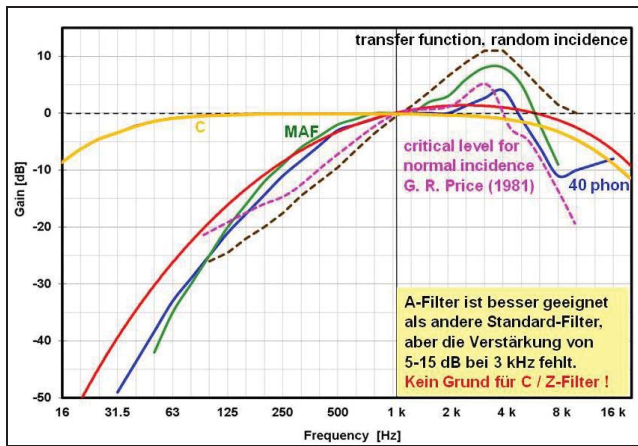


Abbildung 2: "Ohrkurven" und Bewertungsfilter A/C

Den generellen Verlauf all dieser Kurven nähert das A-Filter am besten an, wenn auch ohne die Überhöhung bei 3 kHz.

Zeitbewertung

Ähnlich einem Terzbandfilter antwortet ein Bereich (critical band) der Basilarmembran auf eine Impulsanregung immer mit ein paar Schwingungen der Mittenfrequenz. Für deren Amplitude ist die Energie der Anregung entscheidend, nicht der Schalldruckspitzenwert (Peak).

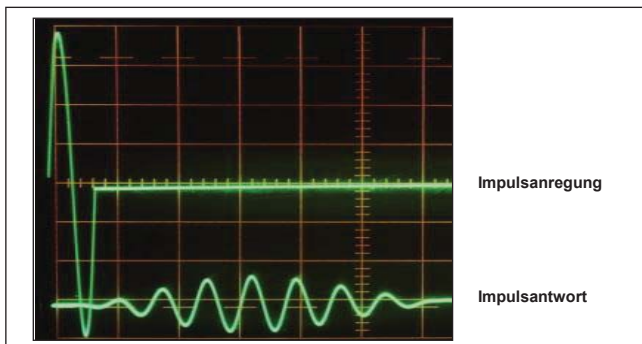


Abbildung 3: Einschwingverhalten Terzbandfilter

Somit stellt der Schallleistungspegel L_E eine geeignete Kenngröße für die Gehörgefährdung durch Knalle dar. Eine Auswertung von 183 militärischen Gehörschadenfällen (Abbildung 4, [1]) zeigt, dass nicht nur das mittlere Ausmass der Schädigung ab L_E 125 dB(A) kontinuierlich zunimmt, sondern auch die Anzahl der registrierten Schadenfälle.

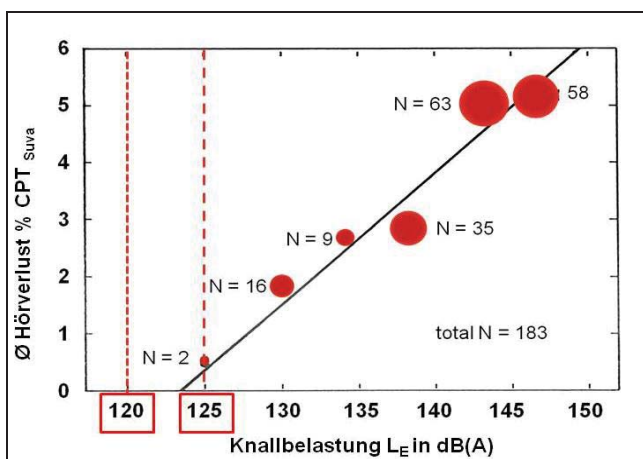


Abbildung 4: Knallbelastung L_E und mittlere Hörverluste

Schädlichkeits- und Präventionsgrenzwert

Aus diesem Grund legte die Suva als **Schädigungsgrenze L_E 125 dB(A)** und als **Action Level L_E 120 dB(A)** fest. Heute gilt das Ohrmodell, d.h. der "Auditory Hazard Assessment Algorithm for Humans" (AHAAH) [3] als Referenz für die Knallbeurteilung. Abbildung 5 zeigt, dass die Resultate in log (ARU) und der L_{AE} (aber nicht der unbewertete L_E) korrelieren:

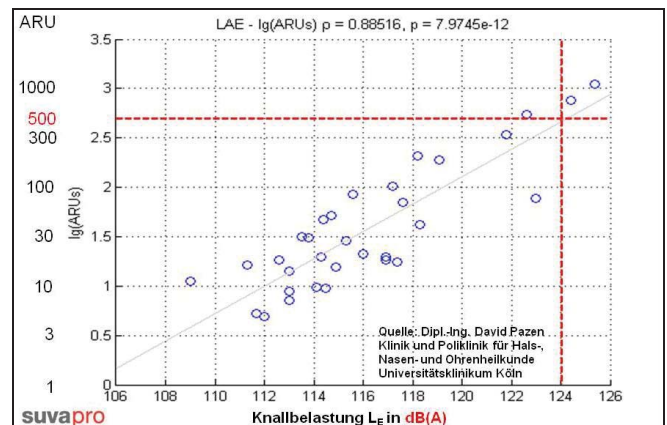


Abbildung 5: ARU nach AHAAH und L_E in dB(A) für Schallimpulse; nach David Pazen [4]

Auch der kritische Wert bei $500 \text{ ARU} \approx L_E$ 124 dB(A) stimmt gut überein mit dem Suva-Kriterium von 125 dB(A).

Schlussfolgerungen

Gehörbelastung beim Aufprall des Pucks auf die Maske

Aufgrund der Beurteilung mit den Kriterien der Suva ist dieses Ereignis klar als gehörgefährdend einzustufen und erfordert Massnahmen zum Schutz des Gehörs.

Knallbeurteilung mittels L_{AE}

Die Suva-Knallbeurteilung ist in der Frequenz- und der Zeitbewertung "physiologienahe" und korreliert bis ca. 170 dB Spitzenpegel und somit für Knallereignisse wie Pistolen-, Gewehr- oder Kanonenschüsse, Airbag-Auslösungen etc. mit den Ergebnissen des AHAAH. Allerdings bleibt der Schutzeffekt pegelstarker tiefer Frequenzen durch die Nichtlinearität des Mittelohres, der z.B. beim Airbag im geschlossenen Autoinnenraum eine Rolle spielen kann, unberücksichtigt. Die Beurteilung mittels L_{AE} liegt aber in diesem Fall auf der konservativen oder vorsichtigen Seite.

Literatur

- [1] Hohmann, B. W.: Untersuchungen zur Gehörschädlichkeit von Impulslärm. Diss. ETH 7504 (1984)
- [2] Price, G. R.: Implications of a critical level in the ear for assessment of noise hazard at high intensities; J. Acoust. Soc. Am. 69, 171 (1981)
- [3] Auditory Hazard Assessment Algorithm for Humans; www.arl.army.mil/www/default.cfm?page=343
- [4] Pazen, D.: A Physiologic Approach to Rate the Damage Risk of Impulse Noise; AIA-DAGA in Meran 2013, und nachfolgende persönliche Mitteilungen per Mail.