September 5, 2025

Hearing Forum Andermatt – Musik: eine Herausforderung für Ohr und Gehirn

1. Wie gelangt der Klang durchs Mittelohr?

PD Dr. A. Dalbert, USZ

Hauptfunktion: Überwindung der akustischen Impedanz

Die primäre Aufgabe des Mittelohrs ist die effiziente Übertragung von Schallwellen aus der Luft auf die Flüssigkeit des Innenohrs. Dies ist notwendig, um den erheblichen Unterschied in der akustischen Impedanz (Schallwiderstand) zwischen den beiden Medien zu überwinden. Ohne das Mittelohr würden der grösste Teil der Schallenergie reflektiert, was zu einem massiven Hörverlust führen würde.

Anatomie und Schallweg

Das Hörsystem gliedert sich in **Äußeres Ohr** (Ohrmuschel, Gehörgang), **Mittelohr** (Trommelfell, Gehörknöchelchen) und **Innenohr** (Hörschnecke mit Haarzellen). Schallwellen versetzen das Trommelfell in Schwingung. Diese Vibrationen werden über die Gehörknöchelchenkette – **Hammer (Malleus)**, **Amboss (Incus)** und **Steigbügel (Stapes)** – auf das ovale Fenster des Innenohrs übertragen. Dort wandeln Haarzellen die Druckwellen in elektrische Signale um, die zum Gehirn geleitet werden. Das Mittelohr selbst ist ein kleiner, luftgefüllter Raum, der neben den Knöchelchen auch stabilisierende Bänder und zwei kleine Muskeln (**Musculus tensor tympani** und **Musculus stapedius**) enthält.

Mechanismen zur Impedanzanpassung

Um den Schalldruck um das etwa 30-fache zu erhöhen, nutzt das Mittelohr zwei physikalische Prinzipien:

1. **Flächenverhältnis:** Die große Fläche des Trommelfells (ca. 6-10 mm Durchmesser) konzentriert die Energie auf die viel kleinere Fläche der Steigbügelfußplatte. Dies bewirkt eine Druckverstärkung um den Faktor 25.
2. **Hebelwirkung:** Der Hammer ist etwas länger als der Amboss, was eine Hebelwirkung erzeugt und den Druck um den Faktor 1,25 erhöht.

Die Resonanzfrequenz des Mittelohrs, also der Bereich der besten Übertragung, liegt bei etwa 1000 bis 1500 Hz.

Schutzfunktion des Mittelohrs

Das Mittelohr schützt das Innenohr vor zu lauten Schallreizen:

1. **Stapediusreflex:** Ab ca. 80 dB kontrahiert der Stapedius-Muskel, wodurch es zu einer Versteifung derGehörknöchelchenketten kommt. So wird die Schallübertragung abgedämpft. Aufgrund einer leichten Verzögerung ist dieser Reflex bei einem plötzlichen Knall oder bei einer Explosion *unwirksam*. Die Kontraktion des M. tensor tympani ist vermutlich nicht gleich zuverlässig auslösbar und es werden, um den Relfex auszulösen, wahrscheinlich höhere Schallpegel benötigt.
2. **Druckausgleich durch Gelenkbewegung:** Das Gelenk zwischen Hammer und Amboss kann statische Druckveränderungen abfedern und schützt so das Innenohr.