



Dem Hören auf der Spur

Schwingungsmuster vom
kleinsten Knochen des Menschen

Der WHO zufolge leiden weltweit 360 Millionen Menschen unter Hörverlust. Dieser kann durch krankheits- oder unfallbedingte Veränderungen des Mittelohres entstehen. Am Universitätsspital Zürich werden deshalb die Schwingungsmuster und damit das Hörvermögen bei Veränderungen des Mittelohrs untersucht.

Das Gehör ist unser wichtigstes Sinnesorgan für Orientierung und Sicherheit. Es warnt uns rund um die Uhr vor herannahenden Gefahren – sogar im Schlaf. Wie nehmen wir Geräusche und Warnsignale aber genau wahr? Schallwellen sind nichts anderes als Luftdruckschwankungen, welche durch den Gehörgang zum Trommelfell gelangen. Das Trommelfell wird in Schwingung versetzt und leitet diese mechanischen Schwingungen über die Gehörknöchelchenkette weiter ans Innenohr. Dort entsteht durch die Bewegung von Haarzellen ein Nervenimpuls, welcher im Gehirn das Hören erzeugt. Unsere Forschung konzentriert sich auf die Gehörknöchelchenkette, bestehend aus dem Hammer, dem Amboss und dem kleinsten Knochen des Körpers: dem Steigbügel.

Eine durch Krankheit oder Unfall eingeschränkte Schallübertragung der Gehörknöchelchenkette vermindert das Hörvermögen. Am Universitätsspital Zürich werden deshalb die Schwingungsmuster bei Veränderungen des Mittelohrs im Vergleich zur Situation mit Gesunden u.a. mit Messtechnik von Polytec untersucht. Mit den Messresultaten werden Simulationen des Bewegungs- und Übertragungsverhaltens der Gehörknöchelchenkette erstellt. Die Simulationen sollen eine optimierte Abstimmung von Hörhilfen, verbesserte Interpretation in der

Diagnostik und eine Weiterentwicklung von Diagnoseverfahren ermöglichen. Die Schallleitungsstörung im Mittelohr kann etwa durch künstliche Gehörknöchelchen (Prothesen) überbrückt werden. Solche Mittelohrprothesen ersetzen zum Beispiel die gesamte Gehörknöchelchenkette oder nur den Steigbügel (Steigbügel-Prothese). Anhand der erstellten Simulationen werden Mittelohrprothesen entwickelt und weiter optimiert. Beim aktuellen Projekt untersuchen wir deshalb die Funktion des Gelenkes zwischen Hammer und Amboss (Hammer-Amboss-Gelenk).

VERSUCHSAUFBAU

In Schläfenbeinpräparaten werden die Gehörknöchelchen sichtbar gemacht. Mit einem Lautsprecher wird das Trommelfell stimuliert, wodurch die Gehörknöchelchen zu schwingen beginnen. Gleichzeitig wird mit einem Mikrofon die Lautstärke des Tons kontrolliert. Die Schwingungen des Steigbügels misst ein Scanning Laservibrometer. Die gewünschte Position des Scanning Laservibrometers steuert ein Roboterarm (KUKA KR-16, Positionswiederholgenauigkeit von $<\pm 0,05$ mm) an. Zusätzlich hilft eine Videokamera (VCT 24) das zu scannende Areal ►

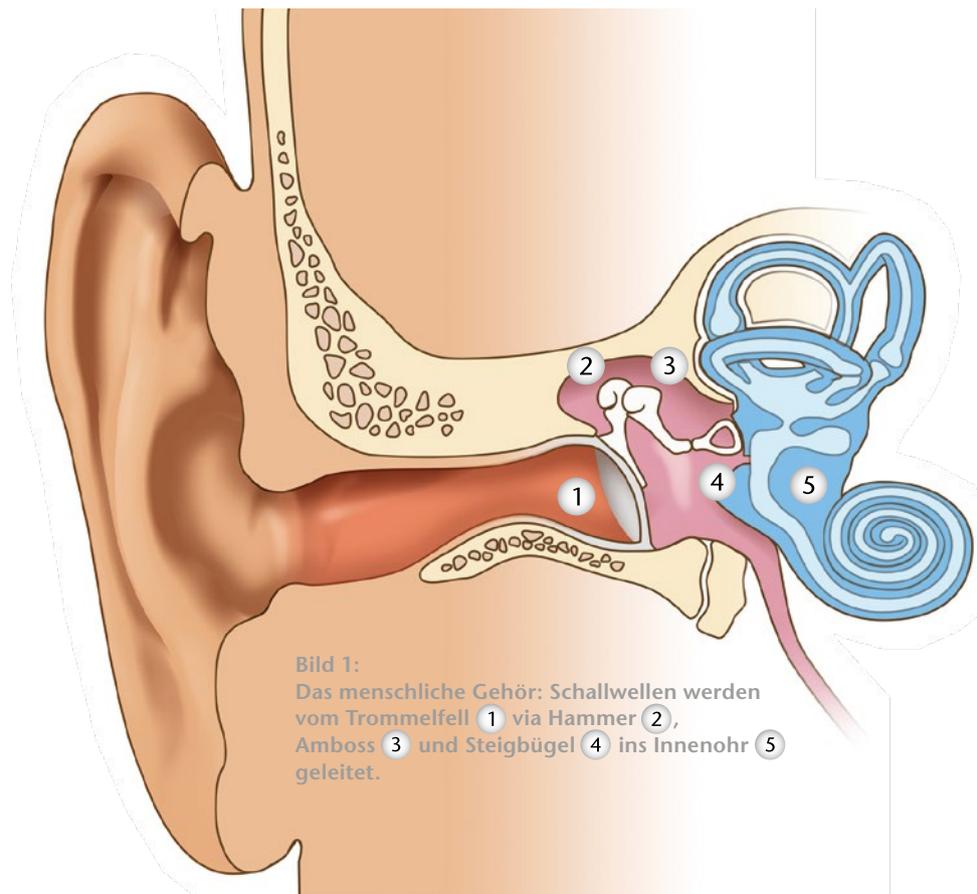


Bild 1:
Das menschliche Gehör: Schallwellen werden vom Trommelfell 1 via Hammer 2, Amboss 3 und Steigbügel 4 ins Innenohr 5 geleitet.



Bild 2: Versuchsaufbau: Der Roboterarm ermöglicht das Anfahren der gewünschten Position des Scanning Laservibrometers, sodass die Schwingungen des sich im Schläfenbein befindenden Steigbügels erfasst werden können.

zu erfassen. Die Reflexion des Laserstrahls wird durch retroreflektive Glaskügelchen (Durchmesser 50 µm) optimiert. Die Messung der Schwingung des Steigbügels wird bei mehreren Frequenzen



Bild 2: Beispiel für eine Mittelohrprothese: Steigbügel-Prothese (NiTi-BOND®): der defekte Steigbügel im Mittelohr wird durch eine Prothese ersetzt. Dank der Prothese wird die Schallübertragung wiederhergestellt und das Hörvermögen verbessert.

durchgeführt und mit blockiertem Hammer-Amboss-Gelenk wiederholt. Durch den Vergleich der Steigbügel-Schwingung mit funktionierendem und blockiertem Gelenk kann der Einfluss des Hammer-Amboss-Gelenks auf die Schallübertragung im Mittelohr bestimmt werden.

ERGEBNISSE UND ANWENDUNGEN

Welchen Einfluss hat das Hammer-Amboss-Gelenk auf die Schallübertragung im Mittelohr? Vorläufige Daten deuten auf einen frequenzabhängigen Einfluss des Hammer-Amboss-Gelenks auf die Schwingung des Steigbügels hin. Die Messresultate dienen der Erstellung dynamischer virtueller

Mittelohrmodelle. Es soll der Einfluss des Hammer-Amboss-Gelenks auf die Altersschwerhörigkeit und eine eventuelle Dämpfungsfunktion des Hammer-Amboss-Gelenks bei Knallgeräuschen beschrieben werden. Zudem werden Mittelohrprothesen, die die Schalleitungsstörung überbrücken und somit das Hören verbessern, entwickelt und weiter optimiert. Es wurde bereits erfolgreich eine neue Steigbügel-Prothese (NiTiBOND®) zusammen mit der Firma KURZ® und dem Institut für Technische und Numerische Mechanik der Universität Stuttgart auf den Markt gebracht. ■

Kontakt

Rahel Gerig
Doktorandin, M.Sc. Biomedizinische Wissenschaften
rahel.gerig@usz.ch
Forschungsgruppe „Biomechanik des Hörens“
Prof. Dr. med. Alexander Huber
UniversitätsSpital Zürich
Klinik für Ohren-, Nasen-, Hals- und Gesichtschirurgie
Nord 2, B
Frauenklinikstrasse 24
CH 8091 Zürich

Danksagung

Diese Studie wird unterstützt durch den ‚Schweizerischen Nationalfonds‘ (SNF) Nr. 138726 und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) innerhalb des El-231-6/1 Grant.

Die Autorin bedankt sich bei Prof. Dr. med. Alexander Huber, Dr. Jae Hoon Sim und Dr. med. Christof Rööslü für ihre Mitarbeit und die wertvollen Ratschläge.