



Doctoral Thesis

Impedanzmessungen und Netzwerkmodell zur Ermittlung der Uebertragungseigenschaften des Mittelohres

Author(s):

Stirnemann, Alfred

Publication Date:

1980

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000215254> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

IMPEDANZMESSUNGEN UND NETZWERKMODELL ZUR ERMITTLUNG

DER UEBERTRAGUNGSEIGENSCHAFTEN DES MITTELOHRES

A B H A N D L U N G

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

Stirnemann Alfred

Dipl. El.-Ing. ETH

geboren am 23. Mai 1949

von Gränichen, Kanton Aargau

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. G.S. Moschytz, Referent

Prof. Dr. E.J. Rathe, Korreferent

Dr. med. T. Spillmann, Korreferent

ZUSAMMENFASSUNG

Gegenstand dieser Arbeit ist das menschliche Mittelohr. Im Hinblick auf eine sicherere Diagnose von Mittelohrkrankheiten und zum besseren Verständnis der gesamten Vorgänge im Mittelohr selbst, wurden die Zusammenhänge zwischen der messbaren akustischen Eingangsimpedanz am Trommelfell und den interessierenden Uebertragungseigenschaften des Mittelohres theoretisch untersucht. Die durchgeführten Messungen an verschiedenen Personengruppen liefern das Zahlenmaterial zur Ueberprüfung der Theorie.

Zuerst wurde ein Messverfahren entwickelt, welches die Messung von Betrag und Phase der Ohrimpedanz im Frequenzbereich von 200 Hz bis 6k Hz erlaubt. Dank der verwendeten Impulsanregung beträgt die Messzeit für eine einzelne Kurve nur 20 ms.

Anschliessend wird die Herleitung und Analyse eines Mittelohrmodells in Form eines elektrischen Analogienetzwerkes gezeigt. Einerseits ist das Modell einfach genug, dass seine Elementwerte mit Hilfe einer least-square-Anpassung aus Impedanzmesswerten von einzelnen Ohren bestimmt werden können. Andererseits erlaubt es aufgrund seiner strukturellen Verwandtschaft mit dem mechanischen Aufbau des Ohres die Berechnung der Uebertragungsfunktion, welche die Uebertragung des Schalldrucks am Trommelfell auf die Bewegung des Steigbügels beschreibt. Anhand des Modells wurden auch die Auswirkungen des Stapedius-Reflexes

oder eines statischen Druckes auf die Eingangsimpedanz wie auch die W-Form Erscheinungen bei Tympanogrammen untersucht.

Aus der Kombination Messung-Modellanpassung-Interpretation gehen dann die verschiedensten Anwendungen hervor: Eine Mittelung der Modellelementwerte führt zu einem akustischen Kuppler zur Nachbildung der Eingangsimpedanz und zu einer mittleren Übertragungsfunktion zur Beschreibung der normalen Schallübertragung durch das Mittelohr. Eine verfeinerte Interpretation der Modellparameter ist mittels einer Diskriminanzanalyse möglich. Diese verwendet die individuellen Modellwerte für eine statistische Analyse und liefert die Kriterien zur optimalen Trennung von Gruppen wie auch die Funktionen zur Klassifizierung von Einzelfällen. Die Resultate der Anwendung der Diskriminanzanalyse auf das aus der Messung mittels Modellanpassung gewonnene Datenmaterial belegen die ausserordentliche Aussagekraft dieser Methode im Hinblick auf eine Diagnose von Mittelohrkrankheiten. Im weiteren kann diese Art von Analyse auch zur Verbesserung von Operationstechniken verwendet werden.

SUMMARY

The work described in this thesis concerns the modelling and characterization of the human middle ear. More specifically the relations between the measurable input impedance at the ear drum and the transmission properties of the middle ear were investigated theoretically with a view to obtaining an improved method of diagnosing middle ear diseases and a better understanding of the general processes in the middle ear itself. Measurements on different groups of people provided the data for the verification of the theory.

First a measuring method was developed. It permits the measurement of amplitude and phase of the ear impedance in the frequency range from 200 Hz to 6 kHz. Owing to the pulse excitation used, the measuring time for one single curve is only 20 milliseconds.

Subsequently the derivation and analysis of the middle ear, modelled as an electrical analog network, is shown. On the one hand the model is simple enough so that its element values can be determined from impedance values from single ears with the aid of a least square curve fitting procedure. On the other hand, due to the similarity of the model structure with the mechanical construction of the middle ear, it is possible to

derive and calculate a transfer function describing the transmission of sound pressure from the ear drum to the volume displacement at the stapes. The model was also used to investigate the effects of the acoustic reflex, or a static pressure difference on the input impedance, as well as to explain the W-notch of tympanograms.

Different applications have resulted from the combination of measurement, curve fitting and interpretation: The mean values of the model elements lead firstly to an acoustic coupler simulating the middle ear input impedance and secondly to an average transfer function for the description of the normal sound conduction through the middle ear. A discriminant analysis makes it possible to refine this interpretation. This technique uses the individual element values for a statistical analysis and gives the criteria for an optimal separation of element groups. Results based on the application of the discriminant analysis to data from measurements have illustrated the extraordinary power of this method with regard to the diagnosis of middle ear diseases. Furthermore this kind of analysis can be used to compare, and ultimately improve, operative techniques as well.