

# “Calibración de las sondas de otoemisiones acústicas por productos de distorsión”

## Tribunal:

Meinhard Schilling (Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig (TU BS), Germany)

Thomas Janssen (Technische Universität München (TUM), Germany)

Thomas Fedtke (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig (PTB), Germany)

## Resumen:

Las otoemisiones acústicas por productos de distorsión (DPOAE) constituyen un método objetivo y no invasivo para evaluar la función coclear. Sin embargo, la fiabilidad de las pruebas DPOAE a altas frecuencias no ha sido satisfactoria hasta ahora, debido a errores de calibración, lo que puede causar una prueba no válida. Los principales objetivos de esta tesis son: cuantificar los errores en la calibración intra-auricular y en la caracterización de sondas DPOAE; buscar formas para compensar estos errores y reducir su impacto en los resultados de DPOAE; y luego analizar las señales DPOAE retrógradas. Para ello, los modelos de elementos finitos tanto de la sonda DPOAE como del conducto auditivo fueron creados, las mediciones de presión sonora realizadas en modelos físicos del canal auditivo y las mediciones de DPOAE en sujetos de prueba humanos.

Las ondas estacionarias han dado lugar a variaciones significantes en la presión sonora a lo largo de los mo-



Autor:

**Makram Zebian**

Directores:

**Meinhard Schilling**

**Thomas Janssen**

**Thomas Fedtke**

Exposición:

27 de febrero de 2012

Lugar:

E. T. S Technische Universität  
Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig,  
Germany

Publicada:

Mensch & Buch Verlag (abril, 2012)  
ISBN: 978-3-86387-128-4

delos de conducto auditivo. Este efecto fue contrarrestado por referencia de la calibración de estímulo a la posición del tímpano. Predicciones suficientemente exactas de la presión sonora se han alcanzado hasta 8 kHz mediante la teoría de la línea de trans-

misión y el uso de la longitud acústica para la transformación. La discontinuidad de sección transversal, en la interfaz entre la sonda y los modelos del conducto auditivo, formó otra fuente de error, induciendo un cambio en la frecuencia de cuarto de onda. El impacto de esta discontinuidad fue interpretado como una “prolongación acústica” del conducto auditivo, lo cual fue importante sobre todo para los modelos de mayor diámetro.

En un estudio piloto, se presentó una estimulación combinada de DPOAE por vía aérea y vía ósea. Esta estimulación resultó en DPOAE medibles, y permitió —al intercambiar las vías de las señales acústicas— la identificación de errores de calibración de estímulo. Por otra parte, se determinaron los umbrales de audición de referencia por una sonda DPOAE comercial, representando datos para su estandarización.

Esta tesis da luz sobre la calibración actual insatisfactoria de las sondas DPOAE, y proporciona una evaluación exhaustiva de los errores relacionados con los procedimientos para la caracterización de fuente y para la calibración intra-auricular. Se analizan los aspectos teóricos y prácticos para reducir estos errores, allanando así el camino para obtener resultados de DPOAE más confiables. Además, abre caminos alternativos para la estimulación de DPOAE, lo que puede llegar a ser clínicamente beneficioso.

## Abstract:

Distortion product otoacoustic emissions (DPOAE) provide an objective and non-invasive examination of the cochlear function. However, the reliability of DPOAE tests at high frequencies has so far not been satisfactory due

to calibration errors that may lead to invalid test results. The main objectives of this thesis are: to quantify the errors related to the in-the-ear stimulus calibration and characterisation of DPOAE probes; to search for ways to compensate for the impact of these errors on the DPOAE results; and to analyse the retrograde path taken by DPOAE signals. For this purpose, finite element models of both the DPOAE probe and the ear canal were created, sound pressure measurements on physical ear canal models were performed, and DPOAE measurements on human test subjects were carried out.

Standing waves led to significant sound pressure variations along the ear canal. This effect was counterbalanced by referring the stimulus calibration to the eardrum position. Sufficiently accurate predictions of the sound pressure were achieved up to 8 kHz by employing the one-dimensional transmission line theory and using the acoustic length of the ear canal models for the transformation. The cross-sectional discontinuity at the interface between the probe and the ear canal models comprised another source of error, inducing a shift in the quarter-wave notch frequency. The impact of this discontinuity was interpreted as an “acoustic elongation” of the ear canal, which was substantial mainly for models of larger diameters.

In a pilot study, a combined stimulation of DPOAEs via air and bone conduction was introduced. This stimulation resulted in detectable DPOAEs, and allowed —through swapping the acoustic signal paths— the identification of stimulus calibration errors. Moreover, the reference hearing threshold levels associated with a commercial DPOAE probe were determined, providing data for their standardisation.

This thesis sheds light on the currently unsatisfactory calibration of DPOAE probes, and provides a thorough assessment of the errors related to the source characterization and the in-the-ear calibration procedures. It addresses both theoretical and practical procedures to reduce these calibration errors, thus paving the way for more reliable DPOAE results. Furthermore, it opens up alternative approaches to DPOAE stimulation that may prove to be clinically beneficial.



## EAA Winter School

A “**Winter School**” for young acousticians will be organized in Merano, Italy, by [EAA](http://www.eaa-fenestra.org) —[www.eaa-fenestra.org](http://www.eaa-fenestra.org)— (from 15 to 17 march 2013, tentative program), before the AIA-DAGA 2013 Conference on Acoustics (\*):

“Approaching acoustics —fundamentals and applications—” for undergraduate students in the third year or in the beginning of a Master programme: Acoustic fundamentals are briefly illustrated, and various fields of applications related to job profiles are introduced (noise control, room acoustics, automotive acoustics, sound design, among others).

“Hot topics in acoustics —advances in research—” for advanced PhD students and researchers that are already involved in acoustics studies: Parallel courses in 5 topics are planned (computational acoustics, environmental noise control, flow acoustics, audio engineering, materials).

**Web:** <http://www.aia-daga.eu/index.php/en/>

(\*) The AIA-DAGA 2013 including the 40th Italian (AIA) Annual Conference on Acoustics and the 39th German Annual Conference on Acoustics (DAGA).