

WAVES



WIR BEGRÜßEN SIE ZU DER NEUESTEN DEUTSCHEN WAVES BEILAGE

Bevor wir in die neueste Ausgabe von Waves eintauchen, freuen wir uns, mitteilen zu können, dass die beliebten S&V-Tage in München vom 15. bis 17. Mai 2018 in der BMW Welt stattfinden. Bei über 50 Vorträgen und Live-Vorführungen zeigen Ihnen unsere Spezialisten und Forschungsingenieure den Stand der Technik in den Bereichen Schall- und Schwingungsprüfung, Messung und Analyse. Auf der Rückseite erfahren Sie mehr dazu.

Unsere neue flexible Software-Plattform BK Connect™ bietet Ihnen eine neue Dimension der Benutzerfreundlichkeit für Schall- und Vibrationstests sowie -analysen. Gerne führen wir Ihnen diese neue konfigurierbare Lösung direkt bei Ihnen vor Ort vor. Weitere Informationen erhalten Sie unter www.bksv.com/bkconnect-de

In dieser Ausgabe erfahren Sie mehr über die Geräusche des Autos der Zukunft und wie die neuen Elektrofahrzeuge die NVH-Tests herausfordern. „Die Physik von Klang und Vibration“ befasst sich mit

der Anatomie des menschlichen Ohrs, einem komplexen System, das Schall aufnimmt und analysiert. Unsere neueste technische Übersicht enthält ein Whitepaper, in dem eine Methode zur Minimierung der Auswirkungen von Strömungsgeräuschen in Mikrofonen, hauptsächlich für Array-Messungen in Windkanälen, erläutert wird.

Mit Thorsten Kimpel, unserem neuen Vertriebsleiter für Deutschland und Skandinavien, haben wir unser Vertriebsteam in Deutschland verstärkt. Herr Kimpel hat 14 Jahre Führungserfahrung in verschiedenen Positionen. Wir begrüßen auch Bernardo Rüdinger und Andreas Mentis als Vertriebsingenieure. Unser Ziel ist es, unseren Kundensupport weiterhin zu optimieren. Stellen Sie uns auf die Probe.

HARALD MUÑOZ
DIRECTOR SALES EUROPE

KLANG DER NÄCHSTEN GENERATION



Zukünftige Herausforderungen bei Geräuschen von Elektrofahrzeugen

Applus⁺
IDIADA

Als vor rund zehn Jahren Elektroautos auf den Markt kamen, dachte der Akustikingenieur Xavier Montané zunächst, dass er bald keinen Job mehr hätte. „Es ist komisch, sich daran zu erinnern, dass viele junge Toningenieur der Meinung waren, dass, wenn das Auto so leise wäre, unsere ganze Aufgabe erledigt wäre! Die Wirklichkeit hat aber genau das Gegenteil bewiesen: Viele Geräusche, die zuvor von Verbrennungsmotoren überdeckt wurden, sind deutlicher geworden. Es gibt noch viel zu tun, und ich denke, unsere Jobs sind sicher“, lächelt Xavier Montané.

Montané ist NVH Testkoordinator bei Applus+ IDIADA. Er und seine Kollegen arbeiten mit allen Arten von Fahrzeugen, von Pkw und Motorrädern bis hin zu Nutzfahrzeugen. „Ich erinnere mich, als wir das erste Elektrofahrzeug

getestet haben, waren wir überrascht, wie laut der Straßenlärm war. Wir haben das Geräusch vorher anders erlebt, weil es vom Motor maskiert wurde. Jetzt erlebte man es viel eindringlicher.“

WISSENSCHAFT DER MENSCHLICHEN WAHRNEHMUNG

Für NVH ist die menschliche Wahrnehmung sehr wichtig, da verschiedene Menschen Geräusche unterschiedlich wahrnehmen. Manche bevorzugen niederfrequente Töne, andere hingegen hochfrequente Töne. Dies ist sogar bei den Kulturen unterschiedlich. „Zum Beispiel fühlen sich die Europäer mehr von hochfrequenten Geräuschen gestört und die Japaner finden niederfrequente Geräusche etwas irritierend“, erklärt Montané.



„ALS WIR DAS ERSTE ELEKTROFAHRZEUG TESTETEN, WAREN WIR ÜBERRASCHT, WIE LAUT DER STRAßENLÄRM WAR.“

XAVIER MONTANÉ,
NVH-TESTKOORDINATOR,
APPLUS+ IDIADA



Testen eines iTORQ Toyota Urban Cruiser 4WD mit vier einzelnen Innenbordmotoren (eins pro Rad), modifiziert von IDIADA. Das iTORQ System ist ein Motion-Control-Modul, das Antriebsdrehmomente zwischen den Rädern abhängig von Fahrereingaben und Straßenverhältnissen verteilt.

Ein großer Teil der Arbeit von OEMs bei der Beurteilung von NVH-Themen besteht darin, diese kulturellen und Marktbedingungen zu verstehen und sie bei der Fahrzeuguntersuchung anzuwenden. Dies ist eine Fähigkeit, die sich durch Erfahrung entwickelt. „Wir haben technische Mittel, die dies unterstützen können“, sagt Montané, „aber letztlich kann das Mikrofon die menschliche Wahrnehmung nicht messen. Nur wir Menschen können das beurteilen.“

VORBEREITUNG AUF DIE ZUKUNFT

Xavier Montané begann vor 15 Jahren, bei Applus+ IDIADA zu arbeiten, als er frisch von der Universität kam. Nach dem Studium der Telekommunikation (audiovisuelle Systeme) wechselte er in die Akustik. „Ich hatte mich

schon immer für Mathematik und Physik interessiert und entdeckte, dass die Akustik einen stärkeren Wissenschaftsbezug hat als Film oder Fernsehen. Also habe ich beschlossen, Akustikingenieur zu werden.“ Da Elektrofahrzeuge und Hybrid-Elektrofahrzeuge weiterhin den Markt erobern und die Städte weiter wachsen und sich auf die Lärmbekämpfung konzentrieren, sind Akustikingenieure mehr denn je gefragt.

Obwohl Elektrofahrzeuge keinen Verbrennungsmotor, keinen Kraftstofftank, keine Luftansaug- oder Abgassysteme, keine langen Antriebswellen oder Mittellager benötigen, nehmen andere Lärmquellen ihren Platz ein. Elektromotorgeräusche, Straßen- und Reifengeräusche, Windgeräusche und

Nebensystemgeräusche, um nur einige zu nennen. Da Elektro- und Hybridfahrzeuge verbreiteter werden, sind dies die Lärmquellen, auf die sich Xavier Montané und sein Team in Zukunft konzentrieren werden.

GERÄUSCHE VON ELEKTROMOTOREN

„Obwohl sie leiser sind als Verbrennungsmotoren, wäre es falsch anzunehmen, dass Elektromotoren geräuschlos sind“, sagt Xavier Montané. Diese Motoren erzeugen hochfrequente Geräusche, die sehr störend sein können. Die Geräusche stammen von den verschiedenen Komponenten des Motors, wie dem Wechselrichter und dem Wandler. „Obwohl Elektromotoren eine geringere Herausforderung darstellen als Verbrennungsmotoren, erfordert die Entwicklung von Strategien zur mechanischen und akustischen Isolierung des Motors immer noch große Anstrengungen. Wir haben gerade eine Menge Leute, die daran arbeiten.“

STRASSEN- UND REIFENGERÄUSCHE

Die meiste Zeit seines Lebens wird ein Elektroauto bei Geschwindigkeiten zwischen 40 und 70 km/h gefahren. Bei dieser Geschwindigkeit ist das Windgeräusch immer noch minimal und Motorgeräusche werden größtenteils durch Straßen- und Reifengeräusche verdeckt. Das bedeutet, dass der dominierende Lärm, den Fahrer und Passagiere von Elektrofahrzeugen erleben, hauptsächlich Straßen- und Reifengeräusche sind.

„Verstärkte Kräfte der Reifen in Verbindung mit einer leichteren Struktur des restlichen Fahrzeugs erschweren die Minderung von Straßen- und Reifengeräuschen“, sagt Montané. „Wir versuchen, dem mit einem Fokus auf Reifentechnologie, mechanische Isolation in der Aufhängung und innovativen Lärmschutzmaterialien im Innen- und Außenbereich des Autos zu begegnen. Und natürlich müssen wir dies tun, ohne dass die Fahrzeuge schwerer oder teurer werden.“ ▶

KLANG DER NÄCHSTEN GENERATION



Die Straßenqualität ist ein Thema, an dem Städte und Regierungen arbeiten. „Reifenfirmen arbeiten daran, Reifen zu verbessern, aber wenn die Straßen nicht gut genug sind, werden sie keine grundlegenden Verbesserungen erreichen. Im Rahmen der Lärmbekämpfung der Lärmbelastigung müssen die Städte ein besseres Material für Straßenbeläge finden, das das Geräusch absorbieren kann, der durch den Reifen auf der Straße entsteht.“

FUSSGÄNGER SCHÜTZEN

„Wenn man eine Straße überquert, benutzt man zuerst seine Ohren. Da alle Fahrzeuge leiser werden, stellt der fehlende Außenlärm eine Gefahr für Fußgänger dar.“ Die Regierungen konzentrieren sich zunehmend auf dieses Problem. In den letzten Jahren hat Applus+ IDIADA zusammen mit einigen OEMs an

einem Projekt der Europäischen Kommission teilgenommen. Das Ziel war, ein besseres Verständnis dafür zu bekommen, welche Außengeräusche von Elektrofahrzeugen erzeugt werden könnten, um Fußgängern zu signalisieren, dass sich Fahrzeuge nähern.

„Wir haben versucht, ein Fahrzeug zu entwickeln, das Fußgänger erkennt und ein fokussiertes Geräusch in Richtung Fußgänger sendet, um sie zu warnen.“ Diese Arbeit der Europäischen Kommission wird wahrscheinlich zur Entwicklung von Vorschriften führen, die den Ton festlegen, den OEMs und Autohersteller in ihren Fahrzeugen verwenden müssen. Wenn diese Verordnung in Kraft tritt, werden Montané und sein Team bereit sein, ihren Kunden zu helfen, den richtigen Ton zu produzieren.

GERÄUSCHE VON NEBENAGGREGATEN

Außer dem Motor zum Antrieb der Klimaanlage und Heizung, der Fenster und anderer mechanischer Systeme wird eine ganze Reihe von weiteren elektrischen Zusatzgeräten benötigt, um diese Funktion zu bieten. Jedes dieser Geräte bringt Erschütterungen und akustische Herausforderungen mit sich, die einzeln betrachtet relativ gering sind, aber insgesamt erheblich werden können.

„Die meisten dieser Geräusche werden zu Hintergrundgeräuschen, wenn das Fahrzeug auf der Autobahn ist, aber wenn es stillsteht oder sich mit niedrigeren Geschwindigkeiten bewegt, können diese summenden und sirrenden Geräusche störend werden. In Zukunft wird es für OEMs noch wichtiger werden, den Lärm dieser Nebenaggregate zu reduzieren.“

AUTOFÄHRER DER NÄCHSTEN GENERATION

Im Hinblick auf die Zukunft denkt Xavier Montané darüber nach, welche Vorlieben die nächste Generation von Fahrern haben wird. „Wenn heutige Fahrer den Übergang vom Verbrennungs- zum Elektromotor vollziehen, vermissen sie oft die Geräusche, die ihnen das Gefühl geben, in einem Auto zu sitzen – das Gefühl von Bewegung und Kontrolle“, erklärt er. OEMs arbeiten daran, dem Autofahrer künstliche Geräusche anzubieten, die das kompensieren.

„Ich frage mich, ob die neue Generation von Fahrern diese Geräusche weiterhin genießen wird oder ob sie für sie vielleicht überflüssig oder gar lästig werden. Vielleicht möchten sie stattdessen den Klang der Innenräume ihrer Autos mit lustigen oder neuartigen Geräuschen anpassen. Oder vielleicht bevorzugen sie überhaupt keine Geräusche - so leise wie möglich.“ Nur die Zeit wird zeigen, welche Präferenz die zukünftigen Fahrer für ihren Autoklang haben werden, aber in jedem Fall werden Xavier Montané und Applus+ IDIADA bereit sein, das Gewünschte anzubieten. ■

DIE PHYSIK VON KLANG UND VIBRATION

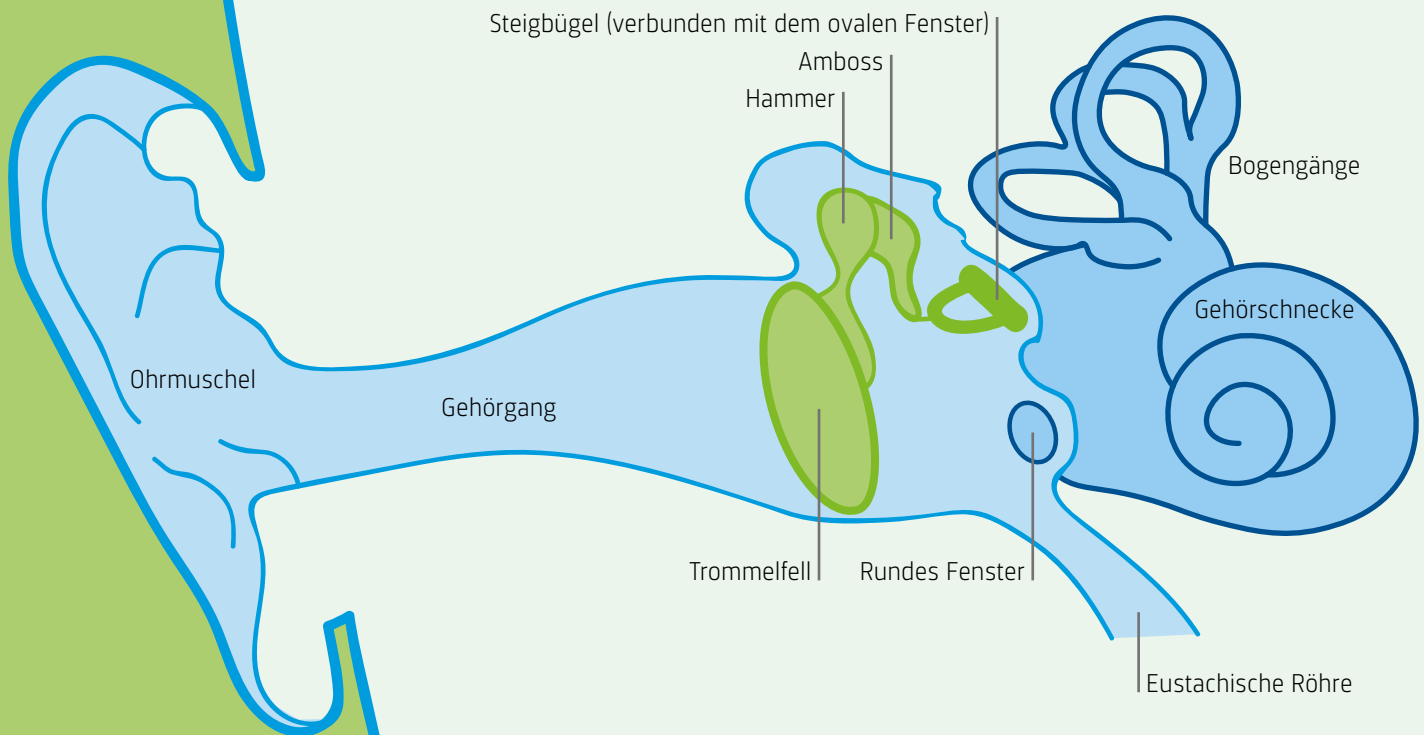
ANATOMIE DES MENSCHLICHEN OHRES

Das menschliche Ohr ist ein komplexes System, das aus drei verschiedenen Teilen besteht, von denen jeder eine spezifische Rolle beim Aufnehmen und Analysieren von Klang spielt

DAS AUßENOHR

DAS MITTELOHR

DAS INNENOHR



In ihrem normalen Zustand haben die Gehörknöchelchen eine verstärkende Wirkung, um die Flüssigkeit im Innenohr wirksam anzuregen. Die Mittelohrmuskulatur kann dies jedoch ändern, indem sie die Schwingungen tatsächlich dämpft und somit einen Schutzmechanismus bei übermäßigem Schalldruck schafft. Die Anpassung ist jedoch zu langsam, um vor impulsiven Ereignissen wie Explosionen zu schützen

ANATOMIE DES MENSCHLICHEN OHRES



BY: **MATTHIAS SCHOLZ**
 User Interface Designer
 PhD Applied Acoustics
 Brüel & Kjær

Das Außenohr sammelt Schall, das Innenohr überträgt diese Schwingungen in neurologische Signale, die vom Gehirn verarbeitet werden können, und das Mittelohr stellt die Verbindung zwischen ihnen her. In dieser Ausgabe folgen wir dem Klang durch das Ohr bis zu den Spitzen der Haarzellen, wo Vibrationen zu neurologischen Signalen werden. Was dann passiert, ist das Material für einen künftigen Artikel.

DAS AUSSENÖHR

Das Außenohr besteht aus der Ohrmuschel und dem Gehörgang. Wie bereits in „Listening in 3D“ (Waves, Oktober 2017) dargestellt, spielt die Ohrmuschel eine wichtige Rolle beim räumlichen Hören. Ihre hornartige Form sorgt für einen sanften Übergang vom „unendlichen“ Raum um den Kopf herum und leitet den Schall in den engen Gehörgang. Der Kanal führt den Schall dann zum Trommelfell, einer dünnen Membran, die das äußere vom mittleren Ohr trennt.

DAS MITTELÖHR

Das Mittelohr ist eine kleine luftgefüllte Kammer zwischen Außen- und Innenohr. Diese Kammer hat eine doppelte Funktion. Erstens enthält sie einen Mechanismus aus drei Knochen, den Gehörknöchelchen, die das Trommelfell und das Innenohr verbinden. Dieser getriebeähnliche Mechanismus wird benötigt, da das Innenohr mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, was eine direkte Erregung durch das Trommelfell ineffizient machen würde.

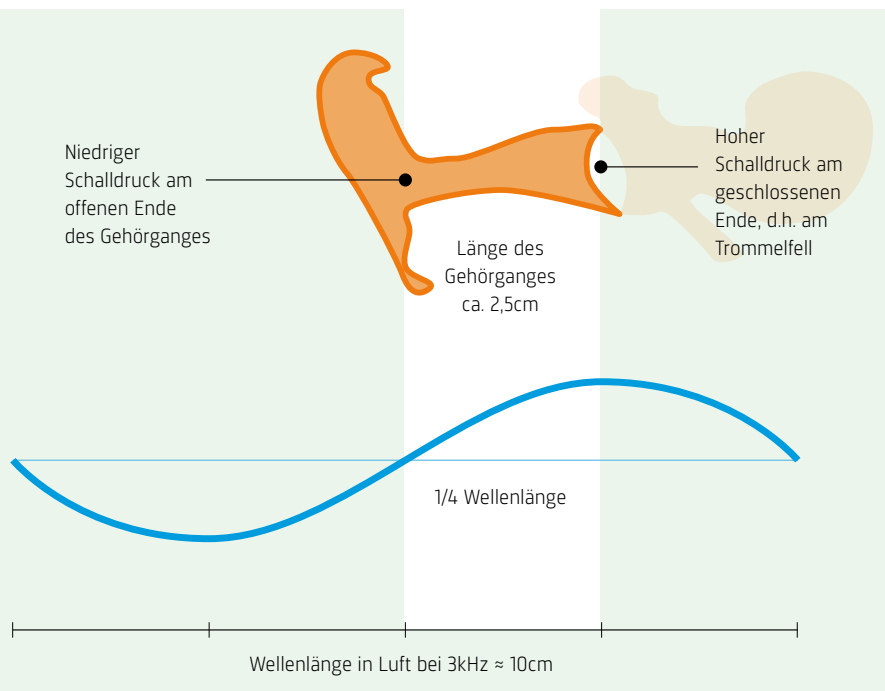
Zweitens wird das Mittelohr benötigt, um den Druck über das Trommelfell auszugleichen. Ein gesundes Trommelfell ist völlig luftdicht und verhindert einen Luftfluss vom Außenohr ins Mittelohr. Der Druckunterschied zwischen den beiden Kammern bewegt die Membran hinein und heraus. Genau dies ist erforderlich, um die schnellen Druckschwankungen des Schalls aufzunehmen. Ein Problem kann jedoch auftreten, wenn der atmosphärische (statische) Druck im Außenohr vom Druck im Mittelohr abweicht.

Dieser Mechanismus ist im Alltag nicht so offensichtlich, wird aber beim Abheben und Landen in einem Flugzeug leicht wahrgenommen, wenn sich der Umgebungsdruck aufgrund der Höhenänderung deutlich ändert. Der Druck im Außenohr folgt dem Umgebungsdruck im Flugzeug, während der Druck auf der Innenseite des Trommelfells unverändert bleibt. Die konstante Druckdifferenz übt eine Vorspannung auf die Membran aus und drückt sie entweder nach innen oder außen, was zu einem unangenehmen Gefühl führt und dazu führt, dass der Schall stumpfer wahrgenommen wird.

Die Eustachische Röhre, die das Mittelohr mit dem Hals verbindet, hilft dabei, diesen Druck auszugleichen. Wenn wir schlucken oder gähnen, öffnet sich diese Röhre kurz, wodurch sich der statische Druck auf der Innenseite des Trommelfells dem des Außenohrs angleicht und das Trommelfell in seine neutrale Position zurückkehrt. Das Trommelfell hat dann wieder seine normale Empfindlichkeit und der Ton erscheint wieder klar.

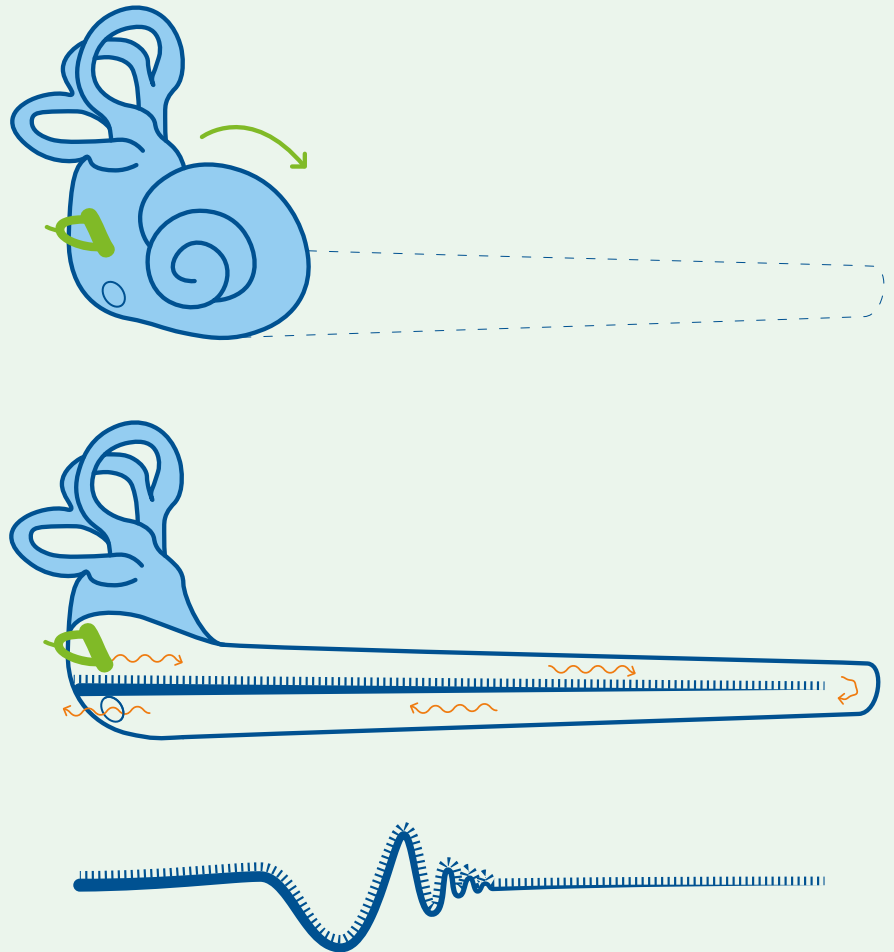
AUSSENÖHR MIT EINIGEN MASSEN UND EINER KÜRVE, DIE VERSTÄRKUNG ZEIGT

Das Außenohr ist besonders empfindlich für Frequenzen zwischen 1 und 5 kHz, mit der höchsten Empfindlichkeit bei ca. 3kHz. Es ist kein Zufall, dass diese Frequenzspanne für die Kommunikation wichtig ist. Akustisch funktioniert das äussere Ohr wie ein Röhrenresonator, mit der stärksten Resonanz im Bereich von 3kHz. Bei dieser Frequenz entspricht eine viertel Wellenlänge des Schalls in Luft (ca. $10\text{cm} / 4 = 2.5\text{cm}$) der Länge des Gehörganges. Im Gegensatz dazu fällt die Empfindlichkeit bei niedrigeren Frequenzen signifikant ab, da hier die Wellenlängen im Vergleich zur Ohrgröße groß sind. ■



COCHLEA WITH BASILAR MEMBRANE

Selbst wenn sie durch den Klang eines reinen Tons angeregt wird, wird die gesamte Basilarmembran in Bewegung versetzt. Dabei reagiert der mit der Frequenz assoziierte Bereich der Membran am meisten, die lateralen Schwingungen werden also in diesem Abschnitt einen Höchstwert erreichen



DAS INNENOHHR

Das Innenohr ist das komplexeste Element in der Kette. Es ist eine mit Flüssigkeit gefüllte Kammer und besteht aus zwei Teilen: dem vestibulären Labyrinth, das als Teil des Gleichgewichtsmechanismus des Körpers fungiert, und der Cochlea, die die Basilarmembran und das Corti-Organ enthält, ein sensorisches Element, das Schall in Nervenimpulse umwandelt, damit unser Gehirn die Informationen verarbeiten kann.

Schall, der in den Gehörgang geleitet wurde, setzt das Trommelfell in Bewegung. Die Gehörknöchelchen im Mittelohr nehmen diese Schwingungen auf und übertragen sie durch das ovale Fenster, eine von zwei flexiblen Flächen zwischen Cochlea und Mittelohr, auf die Flüssigkeit. Die Anregung dieser Membran erzeugt im mit Flüssigkeit gefüllten Innenohr Wellen, die sich entlang der Basilarmembran bewegen und dadurch das Corti-Organ in Bewegung versetzen.

Dieses Organ enthält Tausende von kleinen Haarzellen, die mit dem Akustikusnerv verbunden sind. Das Oszillationsmuster der Basilarmembran ist ziemlich komplex, wobei verschiedene Bereiche mehr oder weniger durch unterschiedliche Frequenzen stimuliert werden. Für jeden dieser Bereiche wird eine andere Gruppe von Haarzellen aktiviert und sendet Impulse durch die Nerven zum Gehirn. So teilt das Corti-Organ den Klang in seine spektralen Komponenten auf, ähnlich wie Regentropfen das Sonnenlicht in einzelne Farben zerlegt.

Nun, zumindest ist dies die Kurzversion. Die lange Version ist sehr viel komplexer, aber auch äußerst interessant und erklärt viele der Phänomene bei unserer Wahrnehmung von Klang. Dies verdient einen eigenen Artikel, also bleiben Sie dran ... ■

WENN WIR SCHLUCKEN ODER GÄHNEN, ÖFFNET SICH DIE EUSTACHISCHE RÖHRE KURZ, WODURCH SICH DER STATISCHE DRUCK AUF DER INNENSEITE DES TROMMELFELLS DEM DES AUSSENHOHR ANGLEICHT.

Schall- und Schwingungstage 2018



WO: BMW WELT, MÜNCHEN

WANN: 15. – 17. MAI 2018

Sehr geehrte Waves-Leser,

Wir freuen uns sehr, Ihnen die Rückkehr von Brüel & Kjær's beliebten Schall- und Schwingungstagen ankündigen zu dürfen und möchten Sie herzlich zu dieser Veranstaltung in der BMW Welt, München einladen.

Seit den 50er Jahren nutzen wir unser Expertenwissen und unsere breite Palette an Produkten und Lösungen, um Kunden bei den täglichen Herausforderungen im Bereich Schall und Vibrationen zu unterstützen.

In diesem Jahr präsentieren wir Ihnen unsere

neuesten Produkte und Lösungen, technisches Know-how und ein umfassendes Seminar- und Schulungsprogramm.

Das Seminarprogramm wird eine breite Palette von Anwendungen und Themen abdecken und ist sowohl für den Einsteiger, als auch den Experten konzipiert.

WAS KÖNNEN SIE SONST NOCH ERWARTEN?

- Die neuesten Produkteinführungen, inklusive Hochfrequenz-HATS-TYP 5128 und unserer brandneuen Software BK Connect
- 15 Stände auf 200m² Ausstellungsfläche mit unseren neuesten Produkten und Lösungen
- Live-Demonstrationen und Messungen
- Über 40 Seminare von erfahrenen Branchen- und Anwendungsspezialisten

- Treffen Sie Kollegen und Branchenexperten
- Beratung durch unser erfahrenes Brüel & Kjær Team
- Exklusive Tour durch die BMW Welt
- Teilnahme am Galadinner der Schall- und Schwingungstage

Die Teilnahme an den Schall- und Schwingungstagen, inklusive aller Seminare, ist kostenlos. Sie können sich außerdem für die gesamten 3 Tage anmelden oder auch nur für einen Tag, der für Sie am interessantesten ist.

SIE MÖCHTEN DABEI SEIN?
Registrieren Sie sich auf

www.bksv.com/de-de/SUST

