

Anpassung mit offenem Ohrstück und ohne Ohrstück

Ole Berland und Jean Courtois

In den letzten Jahren wurden immer mehr Hörgeräte benutzt, die mit Ohrpaßstücken, bei denen zum normalen Schallzuführungskanal ein zusätzlicher, nach außen geöffneter Kanal vorhanden ist, oder die mit offenen Ohrpaßstücken oder gar ohne Ohrpaßstücke angepaßt worden sind.

Die Art der Schallzuführung beeinflußt in hohem Maße die akustische Wiedergabe des Hörgerätes und wurde meistens in Verbindung mit CONTRA-Anpassungen angewandt.

Alle akustischen Daten an Hörgeräten basieren bis jetzt auf Messungen am 2-cm³-Kuppler, der den menschlichen durchschnittlichen Gehörgang nachbilden soll, während dieser mit einem angepaßten Ohrstück geschlossen ist.

Dieser 2-cm³-Kuppler ist seit 1959 international standardisiert. Hauptsächlich benutzen ihn Hörgeräte-Hersteller als Meßgrundlage, um Wiedergabeeigenschaften der Hörgeräte untereinander vergleichen zu können. Ursprünglich wurde dieser Kuppler nur für Außenhörer der Taschen-Hörgeräte gebaut (Hörer, die auf das Ohrpaßstück gepreßt wurden). Später wurde er dann abgeändert, um auch am Kopf getragene Hörgeräte messen zu können. Bis heute wußten die Hersteller nicht, welche Frequenz-Wiedergabe im Gehörgang vorhanden war, wenn diese neue Anpassungsmethode verwendet wurde, da noch kein Kuppler mit entsprechend zusätzlichen, z. B. nach außen offenem Schallzuführungskanal existiert.

Ein Weg, Informationen über die Übertragungseigenschaften zu erhalten, besteht in der Messung des Schallpegels in einer Anzahl menschlicher Ohren unter offenen Gehörgangsverhältnissen.

Der Schall im Gehörgang ist eine Überlagerung von verstärktem Schall aus dem Hörgerät und aus natürlichem Umgebungsschall.

Die vorliegende Arbeit beschreibt unseren Test an einer Anzahl von Personen, die nach Größe und Form des Gehörgangs eingeteilt wurden. Nach den otoskopischen Untersuchungen konnte man die Einteilung in 3 Gruppen von Ohrkanälen vornehmen: in *enge*, *normale* und *weite*.

Ein gewöhnlich benutztes HdO-Gerät mit mittlerer Verstärkung wurde jeder Testperson zwar ohne jegliches Ohrstück angepaßt. Es wurde nur der Schall-Leitungsschlauch in den Gehörkanal eingeführt.

Die Resultate sind aus den Abbildungen ersichtlich. Die schattierten Felder zeigen die ganze Breite der Wiedergabekurven in jeder Gruppe, 1, 2, 3, usw.

Die dick ausgezogene Kurve im schraffierten Feld zeigt den entsprechenden Durchschnittswert.

Over the last years an increasing number of fittings have been made all over the world using vented ear molds or open ear molds or even no ear molds.

These kinds of fittings are able to change the hearing aid performance quite much and have been used in connection with CROS-instruments as well as in unilateral cases.

All acoustical hearing aid measurements have so far been based upon a so-called 2-cm³-coupler, which is a measuring device imitating a human ear canal of average dimensions with an ear mold inserted. This 2-cm³-coupler is international standardized since 1959 and mainly used as a measuring device for manufacturers in order to be able to compare frequency response curves and other hearing aid data. Originally, this coupler was made only to fit a pocket hearing aid earphone (insert earphone) and later on it was modified to match also ear level instruments.

In every case the 2-cm³-coupler only imitates a human ear with a closed ear mold and is not designed to evaluate hearing aid performance using vented ear molds, open ear molds, or may be only a sound tube positioned in the ear canal.

Up till now the manufacturers have not been able to tell which kind of frequency response exists when this new technique of fitting is applied, since no appropriate "open" coupler has been designed.

One way to get information about the frequency response is then to measure the sound pressure in a number of human ears under open canal conditions.

The sound pressure in the ear canal will be a mixture of the amplified sound from the hearing aid and the natural sound from the surroundings.

The present paper describes our test on a number of test persons who have been selected according to the size and shape of their ear canals. After an otoscopical examination, the ear canals were divided into three groups, *narrow*, *normal*, and *wide*. A commonly used behind-the-ear aid of medium gain was fitted to each test person without any kind of ear mold but only a sound tube in the ear canal.

The test results are presented in the figures. The shaded areas represent the total spread of response curves in each group: 1, 2, 3 . . . etc. The solid curve shown in each shaded area represents the average response curve.

The test persons were placed in a pure tone sound field of 70 dB SPL facing the sound source in a big anechoic room, and the actual response curves of the sound

Open mold / No mold fittings

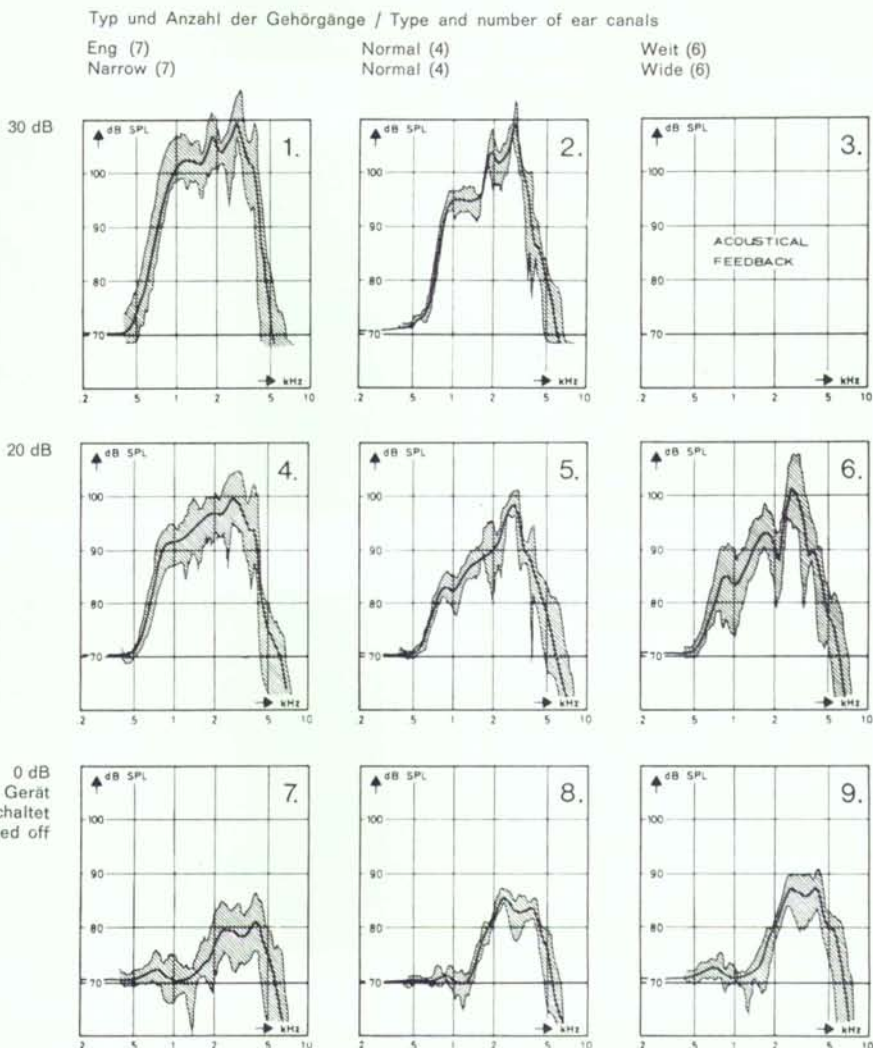
Der Testperson wurden Schallpegel von 70 dB SPL einzelner Frequenzen dargeboten. Die Personen befanden sich in einem großen schallabsorbierenden Raum mit dem Gesicht zur Schallquelle (Lautsprecher) gerichtet. Die Wiedergabekurven wurden durch ein Sondenmikrofon, das in den Gehörgang der Versuchsperson eintauchte, aufgenommen und direkt aufgezeichnet.

Bei ausgeschaltetem Hörgerät entsteht ein Schallpegel im Gehörgang, der nur vom Schall aus der Umgebung kommt. Er zeigte die bekannte Schalldruckerhöhung zwischen 2000 und 5000 Hz. Wenn der Gehörgang normal ist (mittlere Größe), steigt der Schallpegel um

picked up by a probe microphone in their ear canals were used directly as recorded.

With the hearing aid switched off, the sound in the ear canal only relates to the natural sound and shows the well known pressure build-up between 2000 and 5000 Hz. If the ear canal is normal (medium size) the pressure build-up is approx. 15 dB (curve 8), if it is wide the build-up is some dB higher (curve 9), and if the ear canal is narrow (curve 7), the spread is bigger and the build-up lower (approx. 10 dB in average).

When the ear canal is narrow and only a fraction bigger than the diameter of the sound tube, the pressure build-



ungefähr 15 dB (Kurve 8). Ist der Gehörgang weit, wird der Schallpegel einige dB höher (Kurve 9), und ist der Gehörgang schmal (Kurve 7), ist die Überhöhung nicht so groß (ungefähr 10 dB im Durchschnitt), dafür breiter.

Ist der Gehörgang eng und nur wenig größer als der Außendurchmesser des Schallschlauches, der das Hörgerät mit dem Gehörgang verbindet, so wird der Schalldruck, der sich ausbildet, reduziert, da der Schallschlauch die Tendenz hat, den Gehörgang zu verstopfen. Andererseits ist die Erhöhung des Schallpegels im Gehörgang größer, je weiter der Gehörgang ist. Dabei ist dann das Verhältnis von Schallschlauch- und Gehörgangs-Durchmesser kleiner.

Mit der Inbetriebnahme des Hörgerätes, das auf 20 dB Spitzenverstärkung eingestellt wurde (Kurven 4, 5, 6), ist der direkt aus dem Schallfeld kommende und der verstärkte Schall vom Hörgerät gemischt. Bei einem normalen Gehörgang (Kurve 5) beginnt die Schallpegelzunahme bei 500 Hz und steigt ständig bis zu 3000 Hz, wo sich die Eigenfrequenz des Gehörganges befindet. Bei weiten Gehörgängen (Kurve 6) erhält man die gleiche Wiedergabekurve, nur daß die Anhebung des Schallpegels um 2 bis 3 dB größer wird.

Bei der hohen Spitze bei 3000 Hz über 108 dB SPL besteht Selbsterregungsgefahr, wie dies in Kurve 3 gezeigt wird. Dort konnte die Rückkopplung nicht verhindert werden, da das Hörgerät mit 10 dB höherer Verstärkung eingestellt wurde.

Eine völlig andere Übertragungseigenschaft erhält man in Kurve 4, wo der Gehörgang *schmal* klassifiziert wurde. Die Form der Kurve ist sehr viel flacher als wir erwarteten, speziell bei Frequenzen zwischen 100 und 3000 Hz. Es ist einfach, zwischen den Wiedergabeeigenschaften im normalen und weiten Gehörgang zu unterscheiden, doch es scheint, daß bei schmalen Gehörgängen die tiefen Frequenzen ca. 7 bis 10 dB höher sind, und die Wiedergabekurve zwischen 1000 bis 3000 Hz nicht so stark ansteigt wie bei normalen und weiten Gehörgängen. Die Kurve 4 hat eine sehr günstige Form, besonders für leichtere Schallempfindungsschwermhörigkeit. Wenn die Spitzenverstärkung des Hörgerätes über 30 dB eingestellt wird, ist Selbsterregung in jedem Fall zu erwarten.

Bei schmalen Gehörgängen (Kurve 1) bleibt die Form der Wiedergabekurven gleich (Vergleich Kurve 4). Die Kurven 1 und 2 zeigen die erstaunlich große Verstärkung, die durch die offene Gehörgangsanpassung erreicht werden kann.

up is reduced because there is a tendency for the tube to obstruct the ear canal. On the other hand, the wider the ear canal the higher the pressure build-up because the sound tube becomes small in comparison to the ear canal.

With a hearing aid peak gain at 20 dB (curves 4, 5 and 6) the natural and amplified sounds are mixed. For normal canal size (curve 5) the gain starts rising at 500 Hz with a steady increase up to 3000 Hz, where the resonance frequency of the ear canal is located. For wide canals (curve 6) the shape of the response seems to be the same, only the gain is 2-3 dB higher.

The high peak at 3000 Hz up to 108 dB SPL indicates a risk of feedback, as confirmed in curve 3 where feedback was unavoidable because the instrument was turned 10 dB higher in gain.

A completely different frequency response curve seems to be the result in curve 4, where the ear canal is classified as narrow. The shape is much more smooth than we expected especially at frequencies between 1000 and 3000 Hz.

It is not easy to distinguish between responses measured in normal and wide canals, but it seems evident that in case of narrow canals the gain at low frequencies is approx. 7-10 dB higher and the response curve between 1000 and 3000 Hz is not rising as much as in the normal and wide cases. A response as curve 4 has a very nice shape suitable for milder perceptive cases.

When the gain of the instrument is increased further to 30 dB peak, there is a risk of feedback in all cases.

In the narrow case (curve 1) the shape of the response curves is almost maintained (compare curve 4). The curves 1 and 2 show the astonishing high gain figures 30-40 dB which can be achieved by using open fittings.

Conclusion

Frequency Response

It has been confirmed that a sound pressure build-up exists in the ear canal. The wider the ear canal in comparison with the sound tube, the higher the pressure build-up.

When an amplified sound is mixed with a natural sound, responses measured in normal and wide canals show almost the same rising pattern from 500-3000 Hz. Responses measured in narrow canals are more flat with 7-10 dB higher gain at low frequencies.

From this experiment a practical thumb rule can be derived: The thicker the sound tube is in comparison with the ear canal, the higher the gain in the low fre-

Zusammenfassung

Frequenzwiedergabe

Es bestätigt sich, daß eine Schalldruckverstärkung im Gehörgang vorkommt. Je weiter der Gehörgang im Verhältnis zum Schallschlauch ist, desto größer ist der Verstärkungsanstieg.

Wenn ein verstärkter Schall mit einem natürlichen Schall gemischt wird, zeigt die Wiedergabekurve in normalen und weiten Gehörgängen ungefähr die gleich ansteigende Form von 500 bis 3000 Hz. Wiedergabekurven, in schmalen Gehörgängen gemessen, sind flacher mit 7 bis 10 dB höherer Verstärkung bei tieferen Frequenzen.

Hieraus ergibt sich folgende Daumenregel: Je größer der Schallschlauch-Durchmesser im Verhältnis zum Gehörgang ist, desto höher ist die Verstärkung der tieferen Frequenzen. Je kleiner der Schallschlauch-Durchmesser im Verhältnis zum Gehörgang ist, desto steiler steigt die Frequenzcharakteristik an.

Rückkopplung

Bei hoher Einstellung der Verstärkung des Hörgerätes muß Rückkopplung erwartet werden. Je weiter der Gehörgang ist, desto größer ist das Risiko der Rückkopplung.

Verstärkung

Es ist möglich, eine Verstärkung bis zu 30 bis 40 dB zu erhalten, was weit höher ist als man erwarten würde.

Diese Anpassungsart hat den großen Vorteil, daß der natürliche Schalleintritt in den Gehörgang nicht blockiert wird und dieser sich sehr schön mit dem verstärkten Schall des Hörgerätes mischt.

Tonaufnahmen der vorliegenden Messungen veranschaulichen dies.

quency range. The thinner the sound tube is in comparison to the ear canal the steeper the frequency characteristic.

Feedback

For high gain settings of the instrument a feedback risk exists, however, the wider the ear canal the bigger the risk.

Gain

It is possible to obtain gain figures up to somewhere between 30 and 40 dB which is much higher than we expected.

This kind of fitting has also the very significant advantage that the natural sound passway is not at all blocked and mixes nicely with the amplified sound from the hearing aid sound tube which the tape recording during the presentation of the paper will show.

Aktuelles

Mit Erlaß vom 7. Februar 1972 hat der Kultusminister von Rheinland-Pfalz die Umbenennung der »Abteilung für Hör-, Stimm- und Sprachstörungen an der Universitäts-HNO-Klinik« in »Universitätsklinik für Kommunikationsstörungen« verfügt. Anschrift und Telefonnummer bleiben unverändert.

COPOL CHEMIE ST.GALLEN

bietet Ihnen

- Silicon-Abdruckmassen zur exakten Ohrabformung

CH-9001 St. Gallen
Bahnhofplatz 1

- Kunststoffe und Verfahren zur Herstellung von hochwertigen Otoplastiken

D-8000 München 70
Boschetsrieder Straße 144
Postfach 700680