

Grundlagen der Medizinischen Physik Audiometrie-Versuch

1 Einführung

In diesem Versuch geht es darum, ein grundlegendes Verständnis für die Funktionsweise des Ohres und ggf. dessen mögliche Beeinflussung durch äußere Störquellen zu erarbeiten. Im Rahmen dieses Versuchs sollen die durchführenden Studierenden einen Einblick in die Messung von audiometrischen Kenndaten sowohl als Versuchsleiter als auch als Proband bekommen. Ziel ist die Erstellung charakteristischer Hörkurven, von denen einige im klinischen Alltag gebräuchlich, weiterführende aber nur für sehr spezielle Fälle in Gebrauch sind.

2 Geräte

Zur Erstellung der gesuchten Hörkurven kommen drei Versuchssysteme zum Einsatz:

- Ein analoges Audiometer von „Oscilla“, mit zugehörigem schalldämpfendem Kopfhörer.
- Ein digitales Audiometer „Oscilla USB-350B“, das in einen USB-Kopfhörer integriert ist und mit dem im Versuchsraum installierten PC verwendet wird.
- Ein modular aufgebauter Messplatz, mit dem genauere und weiterführende Messungen möglich sind. Auf diesem Messplatz soll das Hauptaugenmerk dieses Versuchs liegen.

2.1 Analoges Audiometer (Oscilla SM910-B)

Es handelt sich hier um ein Audiometer, wie es im Klinikalltag oder in HNO-Praxen häufig verwendet wird. Die Frequenzen sind nicht frei einstellbar, es gibt nur 11 voreingestellte Frequenzen, die jeweils rechts und links einzeln abgefragt werden können.

Stellen Sie sicher, dass das Gerät mit der Steckdose und dem Kopfhörer über die zwei gekennzeichneten Klinkenanschlüsse verbunden ist. Machen Sie sich nun mit dem Gerät vertraut. Falls die Anleitung benötigt wird, liegt diese im Versuchsraum bereit.

Der Proband kann dem Versuchsleiter über den Drücker, der ein Licht am Hauptgerät auslöst, Bescheid geben, wenn er einen Ton hört. Hier muss der Versuchsleiter den jeweiligen Wert notieren.

Der Proband sollte mit dem Rücken zum Gerät sitzen, um nicht durch möglicherweise abgelesene Einstellungen oder Bewegungen des Versuchsleiters beeinflusst zu werden.

2.2 Digitales Audiometer (Oscilla USB-350B)

Das digitale Audiometer (USB-Kopfhörer, ein Gerät) besitzt die gleichen voreingestellten Klinik-Norm-Abfragefrequenzen wie das analoge Audiometer. Schalten Sie den im Raum vorhandenen PC ein, und wählen Sie auf dem Desktop das Programm „Audio Console“ aus. Wählen Sie einen Prüfer aus oder erstellen Sie einen neuen Prüfer. Danach können Sie einen neuen „Patienten erstellen“, nämlich Ihren Praktikumpartner. Wenn Sie fertig sind, klicken Sie links oben auf den Button „Start Audiometrie“. Wählen Sie unten links „Kopfhörer Links“ (Der Test des rechten Ohres erfolgt automatisch nach dem linken) aus (Kopfhörersymbol) und starten Sie den automatischen Hughson-Westlake-Test. Die Frequenzen werden beginnend bei 1 kHz zunächst auf- und dann absteigend abgerastert. Mit dem Drücker kann Ihr Partner bestätigen, ob er hört. Sorgen Sie dafür, dass Ihr Partner den Bildschirm nicht einsehen kann.

2.2.1 Knochenleitung

Zusätzlich kann die Hörschwelle für Knochenschall bestimmt werden. Schließen Sie den Tongeber an den Drücker an (Buchse „bone“). Der Tongeber schirmt die Ohren nicht ab. Falls möglich sollte er zusätzlich zum normalen Kopfhörer getragen werden, um die Umgebungsgeräusche (z.B. des Computers) zu reduzieren. In jedem Fall sollte der Tongeber auf dem Schläfenbein sitzen. Wählen Sie am Computer „Knochenleitung (links)“ aus und achten Sie darauf, dass der Tongeber entsprechend links getragen wird. Wählen Sie mit den Pfeiltasten die gewünschte Frequenz und Lautstärke aus. (Ein automatisierter Test steht nicht zur Verfügung. Wiederholen Sie die Messung für das rechte Ohr.)

2.3 Modulares Audiometer (NTI Audio Minirator MR-PRO, Behringer Xenyx208)

Der modulare Aufbau besteht aus zwei baugleichen Hand-Funktionsgeneratoren. Für die Hörschwellenmessung wird nur ein Funktionsgenerator (FG) benötigt; wenn man Störsignale hinzuschalten will, wird der zweite FG sowie das Behringer-Mischpult benötigt. Diese Funktionsgeneratoren werden hier als Audiometer verwendet. Achten Sie darauf, dass die Dämpfer („MR -40dB“) eingesteckt sind, um Unfälle, die zu Gehörschäden führen können, zu vermeiden. Über einen XLR-auf-Klinke-Adapter können die Kopfhörer des analogen Audiometers angeschlossen werden.

2.3.1 Modulares Audiometer mit einem Funktionsgenerator

Machen Sie sich nun mit dem Gerät vertraut, die Bedienungsanleitung liegt im Versuchsraum bereit. Unter der Option „wave“ sollen Sie „sine“ auswählen, mit den Tasten „Freq“ und „Level“ können Sie dann die Frequenz bzw. die Lautstärke des ausgehenden Signals regeln.

2.3.2 Modulares Audiometer mit zwei Funktionsgeneratoren

Für den Aufbau mit zwei Funktionsgeneratoren müssen Sie diese mit Hilfe des Mischpultes parallel schalten. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

Verbinden Sie beide Funktionsgeneratoren über den Dämpfer mit jeweils einem der zwei identischen „female-male“-XLR-Kabel. Dieses stecken Sie nun jeweils in den XLR-Input der Spuren 1 und 2 des Mischpultes, die mit „MIC“ gekennzeichnet sind. Achten Sie darauf, dass alle Drehregler dieser beiden Spuren (mit Ausnahme des roten „FX“-Reglers und des weißen „Level“-Reglers) auf neutraler 12-Uhr-Position stehen. Stecken Sie nun das Kabel mit der Aufschrift „Cordial Microphone Cable CMN220“ in die Buchse des Mischpultes, die die Aufschrift „Phones“ trägt. An die zwei Ausgänge kann nun wieder der Kopfhörer angeschlossen werden.

3 Versuche

Ziel der oben beschriebenen Aufbauten ist es, Hörkurven aufzunehmen, in denen für jede Frequenz f die Lautstärke L aufgetragen ist, ab der der Proband den entsprechenden Ton wahrnehmen kann. (Für Beispiele und Orientierungshilfen sehen Sie sich die im Literaturverzeichnis angegebene Vorbereitungsliteratur und/oder die im Versuchsraum ausgehängten Info-Blätter an.)

Im Anhang A dieser Anleitung finden Sie zwei Tabellen, wo Sie Ihre Messwerte eintragen können.

An diesem Praktikum nehmen drei Personen teil: Person 1, Person 2, Person 3. Bitte beachten Sie, dass einige Aufgaben nur von einer Person durchgeführt werden, andere Aufgaben von allen drei Personen. Im jeweiligen Versuchsteil ist vermerkt welche Person diese Aufgabe durchführt.

3.1 Einfaches Audiogramm

Im ersten Versuchsteil sollen Sie ein Audiogramm erstellen, wie es auch in Praxen und Kliniken verwendet wird. Erstellen Sie:

1. Ein einfaches *analoges* Audiogramm: (Person 1, 2, 3)

Nehmen Sie jeweils eine Hörkurve für das linke und das rechte Ohr auf, siehe Abschnitt 2.1

2. Ein einfaches *digitales* Audiogramm: (Person 1)

Nehmen Sie jeweils eine Hörkurve für das linke und das rechte Ohr auf, siehe Abschnitt 2.2

3. Ein einfaches *digitales* Audiogramm der Knochenleitung: (Person 1)

Nehmen Sie jeweils eine Hörkurve für das linke und das rechte Ohr auf, siehe Abschnitt 2.2.1

3.2 Ausführliches Audiogramm

In diesem Versuchsteil sollen umfangreichere Audiogramme erstellt werden. Dafür kommen die Handfunktionsgeneratoren zum Einsatz (siehe Abschnitt 2.3).

3. Ausführliches Diagramm: (Person 2)

Verwenden Sie einen Funktionsgenerator um je ein ausführliches Audiogramm für das linke und eines für das rechte Ohr einzeln zu erstellen. Nehmen Sie pro Audiogramm etwa 50 Messpunkte auf. Verteilen Sie die Punkte logarithmisch. (Eine Tabelle mit möglichen Frequenzen finden Sie im Anhang A.)

1. Weißes Rauschen als Störquelle: (Person 3)

Verbinden Sie beide FGs mit dem Mischpult. Stellen einen FG auf „wnoise“ und verwenden Sie den anderen FG („sine“) um die Mithörschwelle zu vermessen. Nehmen Sie ein Audiogramm ohne Störquelle auf und zwei Audiogramme mit verschieden lautem Rauschen (30dB und 50dB).

4 Auswertung

Fassen Sie Aufbau und Funktion des menschlichen Ohres zusammen. Beachten Sie bei der Präsentation Ihre Messungen, dass die Geräte aus dem Klinikalltag die Hörschwelle in dB-HL (Hearing-Level) angeben. Die FGs geben den Output in dBu oder dBV an. Um medizinisch aussagekräftige Kurven zu erhalten, sollten Sie die ausführlichen Kurven in dB-SPL (Sound Pressure Level) umrechnen. Die ideale Hörschwelle beträgt bei 1 kHz 0 dB-SPL. Machen Sie sich die Unterschiede zwischen dB-HL und dB-SPL bewusst! Beachten Sie auch die unterschiedliche Darstellung. Kann dB-HL in dB-SPL umgerechnet werden? Wie funktioniert der Hughson-Westlake-Test? Wie unterscheidet sich die Knochenleitung von den übrigen Messungen?

Verfassen Sie die Auswertung gemeinsam - alle drei Personen geben nur ein Protokoll ab. Bitte notieren Sie Ihre Namen und Matrikelnummern auf dem Protokoll.

Literatur

Görne, Thomas: Tontechnik, Carl Hanser Verlag, Leipzig 2006

Getzlaff, Mathias: Skript zur Vorlesung „Grundlagen der medizinischen Physik“, Düsseldorf 2014

Howard, David M., Angus, Jamie: Acoustics and Psychoacoustics, Focal Press, Oxford 2006

Pierce, John R.: Klang: Musik mit den Ohren der Physik

Roederer, Juan G.: Physikalische und psychoakustische Grundlagen der Musik

Zwicker, Eberhard: Psychoakustik, Springer-Verlag, Berlin 1982

A Muster-Tabellen

Frequenz [Hz]	Hörschwelle (rechts) [dB-HL]	Hörschwelle (links) [dB-HL]	Hörschwelle (rechts) [dB-HL]	Hörschwelle (links) [dB-HL]
125				
250				
500				
750				
1000				
1500				
2000				
3000				
4000				
6000				
8000				

Frequenz [Hz]			
80,00			
95,00			
110,00			
125,00			
156,25			
187,50			
218,75			
250,00			
312,50			
375,00			
437,50			
500,00			
562,50			
625,00			
687,50			
750,00			
812,50			
875,00			
937,50			
1000,00			
1125,00			
1250,00			
1375,00			
1500,00			
1625,00			
1750,00			
1875,00			
2000,00			
2250,00			
2500,00			
2750,00			
3000,00			
3250,00			
3500,00			
3750,00			
4000,00			
4500,00			
5000,00			
5500,00			
6000,00			
6500,00			
7000,00			
7500,00			
8000,00			
9000,00			
10000,00			
11000,00			
12000,00			
13000,00			
14000,00			
15000,00			
16000,00			
17000,00			
18000,00			