



Hochschule der Medien Stuttgart
Audiovisuelle Medien

Ton Seminar

WiSe 24/25

Kopfhörer und Ohrhörer

Ein Überblick

Vorgelegt bei:
Prof. Oliver Curdt

Luca Zinsenhofer

Matrikel-Nummer: 45874

27.02.2025

Inhaltsverzeichnis

Geschichte	4
Bauformen	6
Ohrhörer	6
In-Ears	6
Wireless	6
Wired	6
Open-Ears	6
Knochenschall	6
Luftübertragung	7
Kopfhörer	7
On-Ears	7
Over-Ears	7
Offen	7
Geschlossen	7
Halboffen	7
Treiber	8
Dynamischer Treiber	8
Orthodynamischer Treiber	8
Balanced Armature	9
Elektrostatischer Treiber	9
Impedanz und Sensitivität	10
Impedanz	10
Sensitivität	10
Qualitätsmetriken	11
Frequenzgang (FR)	11
Targets/Ziele	11

(Harmonische) Verzerrung	12
Soundstage	12
Imaging	12
Geräuschunterdrückung	13
Aktiv	13
Passiv	13
Geschichte	13
Funktionsweise	13
Feedforward-ANC	13
Feedback-ANC	13
Hybrid-ANC	14
Adaptives ANC	14
Anpassbares ANC	14
Transparenzmodus	14
Anpassbarer Transparenzmodus	14
Risiken	15
Lautstärke	15
Umgebung	15
Lokalisation	16
Horizontalebene	16
Frontalebene	16
Medianebene	16
Frequenzgang der Ohren	17
Quellen	18

Geschichte

Die Geschichte der Kopfhörer beginnt im späten 19. Jahrhundert, als die Kommunikationstechnologie entsteht und Tonaufnahme- und Tonwiedergabeverfahren entwickelt werden, die ein Abhörelement benötigen. Ein genauer Erfinder ist leider nicht bekannt.

Bell verwendete bei einem Experiment mit seinem sogenannten „Photophon“, einer Apparatur, die aus einem Sprachrohr, einer Linse und einem Spiegel bestand, Mono-Kopfhörer zum Empfang des Signals, sozusagen die ersten Licht-Funk-Kopfhörer.

Auch Edison überprüfte zu dieser Zeit Walzenaufnahmen über einen Kopfhörerausgang. Zu Hilfe kam ihm hier die Technik des deutschen Physikers Johann Philipp Reis, dessen Erfindung schon 1861 Tonsignale über Kupferverbindungen übertragen konnte.

Im Jahre 1878 wurde ein Patent für einen sogenannten elektrodynamischen Schallwandler angemeldet – der Kopfhörer war offiziell geboren.

Die damaligen Kopfhörer ähnelten Lautsprechern. Man hielt sie zunächst noch auf nur einer Seite ans Ohr.

Der US-Amerikaner Nathaniel Baldwin (Baldwin Radio Company) verband dann als erster zwei Mono-Lautsprecher mit einem Kopfbügel, die ersten Dual-Mono-Kopfhörer. Da sie einen leistungsfähigeren Verstärker hatten, aber nicht gut isoliert waren, bekamen die Nutzer damals bei falscher Anwendung einen Stromschlag.

In den 1930er-Jahren wurde in Deutschland, genauer in Berlin, die bis heute wohlbekannte Firma beyerdynamic gegründet, die erstmals Kopfhörer industriell produzierte. Der erste elektrodynamische Kopfhörer, genannt DT-48, ist bis heute in modernisierter Version erhältlich.

In den 1950er-Jahren kamen mit dem Wirtschaftswunder Vinyl-Schallplatten und Stereo-Kopfhörer auf den Markt, letztere präsentiert von John C. Koss (Koss Corporation), einem berühmten Jazz-Musiker aus den USA dieser Zeit. Der Sp/3 wurde ein großer Erfolg, er entwickelte sich zum Industriestandard.

Die 1960er-Jahre stehen für die ersten batteriebetriebenen Kopfhörer. Dem folgte logischerweise die Nachfrage nach Geräten wie dem Transistorradio, die ebenfalls unabhängig von der Steckdose waren.

John C. Koss baute 1968 dann den ersten elektrostatischen Kopfhörer und kurz darauf den ersten Kopfhörer für die damals aufkommende 4-Kanal-Wiedergabe, der Vorläufer für die Mehrkanal-Technik.

Ebenfalls 1968 stellte Sennheiser mit dem HD414 den ersten offenen Kopfhörer vor.

In den 1970er-Jahren zogen Jugendliche mit riesigen Ghettoblastern in den Straßen umher, beschallten damit die Nachbarschaft, trugen aber auch Kopfhörer mit sich.

In den 1980er-Jahren machte der Walkman von sich reden. 1979 von Sony auf den Markt gebracht, war er als handliches mobiles Abspielgerät bald nicht mehr wegzudenken. Die erste mobile Kopfhörer-Generation erschien auf der Bildfläche, der MDL-3L2 war ein On-Ear-Kopfhörer.

1983 bereits wurden mit den MDR-W30L Earbuds erfunden. Sie gelten als Vorgänger der In-Ear-Ohrhörer, hatten jedoch erstmal noch keinen großen Erfolg.

Bose brachte um die Jahrtausendwende schließlich erstmals Anti-Noise-Cancelling-Technologie an den Verbraucher. Nun folgte auch der Siegeszug der In-Ear-Ohrhörer.

Der AKG K 701 aus Österreich gilt wiederum als Meilenstein der offenen dynamischen HiFi-Kopfhörer.

Heute gibt es eine große Auswahl an Kopf- und Ohrhörern; drahtlose Modelle verbinden sich über Bluetooth mit dem Abspielgerät, wobei der Klang meist nicht ganz die Qualität von kabelgebundenen Modellen erreicht, und Geräuschunterdrückung verbessert das Hörerlebnis.

Bauformen

Die verschiedenen Bauarten von Kopf- und Ohrhörern unterscheiden sich hinsichtlich Tragekomfort, Handhabung, Optik und Klangqualität.

Ohrhörer

In-Ears

In-Ear-Ohrhörer liegen im Gehörgang und sind die kleinste Bauart. Sie sind leicht und platzsparend. Es gibt sie sowohl kabellos als auch kabelgebunden.

Wireless

Kabellose Ohrhörer nutzen Bluetooth Codecs, um Audiodateien zu komprimieren und zu senden. Hierdurch geht etwas Klangqualität verloren. Bei dieser Bauart kann noch zusätzlich unterschieden werden zwischen Wireless – Ohrhörern, die zwar miteinander mit einem Kabel verbunden sind, nicht jedoch mit dem Abspielgerät – und True Wireless – Ohrhörern, die komplett kabellos sind wie In-Ears bzw. Earbuds oder Open-Ears.

Wired

Kabelgebundene Ohrhörer sind durch ein Kabel mit dem Abspielgerät verbunden, was eine bessere Klangqualität gegenüber kabellosen Ohrhörern bietet, da sie analoge und nichtkomprimierte Signale senden. Sie müssen außerdem nicht aufgeladen werden und es gibt keine Verbindungsprobleme. Durch das Fehlen von Batterien sind sie außerdem umweltfreundlicher.

Open-Ears

Open-Ear-Ohrhörer sitzen außerhalb des Gehörgangs, sodass Umgebungsgeräusche wahrgenommen werden können, was beispielsweise im Verkehr von großem Vorteil ist.

Knochenschall

Diese Open-Ear-Ohrhörer sitzen am Rand des Ohrs und übertragen den Schall in Form von Vibrationen direkt an den Schädelknochen und von dort ins Innenohr, wo die Informationen weiterverarbeitet werden. Oft leidet hier jedoch die Klangqualität, weil feine Nuancen verlorengehen und der Sitz dicht am Kopf wird von manchen Menschen als unangenehm empfunden. Sie sind gut für die Ausübung von Sport geeignet.



Luftübertragung

Andere Open-Ear-Ohrhörer nutzen den Übertragungsweg der Luft, was im Vergleich zu der Knochenschall-Variante ein nuanciertes Klangbild ermöglicht.

Kopfhörer

On-Ears

On-Ear-Kopfhörer liegen auf dem Ohr auf, haben Bügel und eignen sich sowohl für den stationären als auch für den mobilen Einsatz. Sie sind kompakter und leichter als Over-Ear-Kopfhörer und bieten dennoch Hörgenuss. Der Tragekomfort ist allerdings etwas geringer als bei den Over-Ear-Kopfhörern.

Over-Ears

Over-Ear-Kopfhörer umschließen das Ohr und berühren es nicht. Die Polster liegen am Kopf auf und der Druck von Bügeln und Ohrpolstern verteilt sich angenehm. Sie sind die größte Bauart von Kopfhörern und am besten für zuhause geeignet. Sie sorgen für eine hochwertige Klangqualität. Bei den Over-Ear-Kopfhörern ist sowohl die offene als auch die halboffene und die geschlossene Bauart möglich.

Offen

Offene Kopfhörer lassen die Abspielgeräusche durch perforierte Polster nach außen dringen. Sie sind angenehm zu tragen, da sich keine Hitze zwischen Ohr und Muschel staut. Ein hochwertiges offenes und räumliches Klangerleben ist möglich.

Geschlossen

Geschlossene Kopfhörer schirmen mit ihren dichten Polstern und Muscheln sowohl Außengeräusche für den Träger als auch die Abspielgeräusche für die Umgebung ab, ideal, wenn man sich abschirmen möchte oder für Studioaufnahmen. Manche Modelle verfügen zudem über Active-Noise-Cancelling. Basstöne sind besser hörbar als bei offenen oder halboffenen Bauarten.

Halboffen

Halboffene Kopfhörer vereinen die Vorteile geschlossener und offener Bauweise in sich und bieten somit einen guten Kompromiss.



HSP321
On-Ear



DT990 Pro
Over-Ear



DT770 Pro
Geschlossen



DT990 Pro
Offen

Treiber

Treiber in Kopfhörern sind Lautsprecher, die ein elektrisches Signal in Schall umwandeln. Je größer der Treiber und damit auch dessen Membran ist, desto besser können Bässe wiedergegeben werden. Jedoch leidet dann unter Umständen die Transientenwiedergabe. Manche Kopfhörer haben auch mehrere Treiber eingebaut.

Dynamischer Treiber

Dynamische Treiber sind heute weit verbreitet, denn sie sind preiswert und bieten eine sehr hohe Wiedergabequalität.

Eine elektrisch angetriebene Spule bewegt sich hier im Magnetfeld eines Magneten, überträgt so das Signal auf eine Membran und wandelt damit Spannung in Schall um. Hier wird mehr Luft verdrängt als bei anderen Treibertypen, für hohe Frequenzen ist diese Treiberart nicht ganz so gut geeignet.



Orthodynamischer Treiber

Orthodynamische Treiber werden zwar inzwischen etwas häufiger eingebaut, sie sind jedoch schwer und können so den Tragekomfort schmälern und brauchen auch mehr Strom als andere Treiber. Sie bieten jedoch eine hohe Klangqualität.

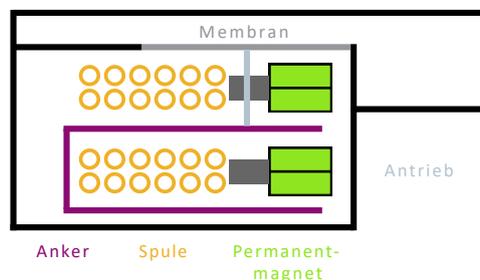
Die Membran zwischen zwei Permanentmagneten wird über eine schneckenförmig aufgebrachte Spule mit Niederfrequenzspannung zum Schwingen angeregt.



Balanced Armature

„Balanced Armature“ heißt so viel wie „ausgewogener Anker“, was das Prinzip dieses Schallwandlers umschreibt, denn ein kleiner beweglicher Anker ist hier in der Mitte eines Magnetfeldes angebracht. Wenn Strom durch die Spule fließt, die den Anker umgibt, bewegt jener sich zwischen den Permanentmagneten. Der Anker ist fest mit der Membran verbunden und erzeugt so Schall. Die Bezeichnung „balanced“ bezieht sich auf die Ruheposition des Ankers im Zentrum des Magnetfelds, wenn keine Kraft auf ihn und die Membran wirkt.

Diese Treiber brauchen nur wenig Strom, sind klein und leicht sowie präziser und schneller in der Wiedergabe als dynamische Treiber. Sie benötigen aber eine hohe Abdichtung und sind teurer, daher sind sie eher in den höheren Preissegmenten zu finden. Man fühlt den Bass jedoch nicht so sehr wie mit dynamischen Treibern, da hier weniger Bewegung stattfindet. Man findet sie häufig in IEMs und in Hörgeräten.



Elektrostatischer Treiber

Elektrostatische Treiber sind kostspielig und daher auch nicht weit verbreitet. Sie eignen sich nicht für unterwegs, bieten jedoch eine sehr hohe Klangqualität, vor allem in den hohen Frequenzen.

Eine sehr dünne Polyester-Membran sitzt hierbei zwischen zwei durchlöchernten Metallplatten und wird mit einer positiven Vorspannung versorgt. Die Membran wird durch Elektrostatik angetrieben, das Prinzip ist das eines umgekehrten Kondensatormikrofons.



Sennheiser HE90 + HEV90



Sennheiser HE-1

Impedanz und Sensitivität

Impedanz

Die Impedanz wird in Ohm angegeben und drückt den elektrischen Widerstand der Schwingspulen in Schallwandlern aus.

Je leichter die Spule ist, desto klarer und präziser der Sound, desto höher aber auch der elektrische Widerstand. Nicht jedes Abspielgerät hat genügend Power, um die Membrane ausreichend in Schwingung zu versetzen.

Je höher die Impedanz ist, desto mehr Spannung ist nötig. Deshalb sind Kopfhörer unter 100 Ohm eher für den mobilen Einsatz und Kopfhörer über 100 Ohm eher für den stationären Gebrauch beispielsweise in Verbindung mit einer Stereoanlage geeignet.

Die Impedanz hat keine totale Aussagekraft über die Lautstärke, jedoch kann es sein, dass zu schwache Abspielgeräte bei hoher Impedanz zu einer leisen Lautstärke führen. Beim Kopfhörer hängt es zudem noch von dessen Wirkungsgrad ab.

Sensitivität

Die Sensitivität eines Kopfhörers wird in dB/mW angegeben.

Die Empfindlichkeit und die Impedanz ergeben zusammen den Schalldruckpegel (SPL).

Kopfhörer mit größerer Sensitivität erzielen bei gleicher Wattstärke des Verstärkers einen höheren Schalldruck. Kopfhörer mit höherer Empfindlichkeit benötigen also weniger Strom, um die gleiche Lautstärke zu erzeugen wie Kopfhörer mit geringerer Empfindlichkeit.

Kopfhörer mit 100 dB SPL/mW klingen bei gleicher Eingangsleistung lauter als Kopfhörer mit 90 dB SPL/mW.

Eine Verdopplung der Lautstärke bedeutet eine Verstärkung um 10 dB. Die Stromstärke, die man hierfür braucht, ist aber von der Impedanz abhängig. Je größer deren Wert, desto niedriger fällt der Schalldruckpegel aus.

Bei einer Sensitivität von 100 dB/mW würde bei der Wattstärke von 1 mW also ein Schalldruck von 100 dB erreicht.

Meist haben Kopfhörer Werte zwischen 70-110 dB SPL/mW.

Eine hohe Impedanz/Sensitivität kann lauter sein als eine niedrige Impedanz/Sensitivität.

Bei Kopfhörern, die die gleiche Empfindlichkeit, aber eine unterschiedlich große Impedanz aufweisen, würde mit einem schwachen Verstärker der Kopfhörer mit der geringeren Impedanz als lauter empfunden.

Erst mit beiden Angaben lässt sich also die tatsächliche Lautstärke bestimmen.

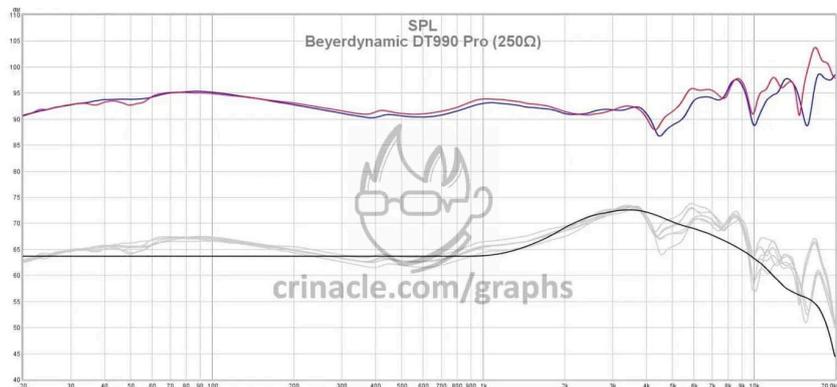
Qualitätsmetriken

Frequenzgang (FR)

Der Frequenzgang ist ein beliebtes Beurteilungskriterium und zeigt anhand eines Diagramms, welche Frequenzen ein Kopfhörer wiedergeben kann bzw. welche Frequenzbereiche lauter und welche leiser wiedergegeben werden. Niedrige Werte stehen für die Tiefen und hohe Werte für die Höhen. Der Mensch kann normalerweise Frequenzen zwischen 20 und 20.000 Hz wahrnehmen, wobei das Gehör im Laufe des Lebens aber nachlässt.

Ein Kopfhörer sollte demnach eine ausreichende Bandbreite aufweisen. Rückschlüsse auf die Klangqualität sind damit nicht möglich. Es gibt beispielsweise Kopfhörer, die die tiefen und hohen Töne lauter wiedergeben als die mittleren Frequenzen, was sich für das Freizeithören von Film und Musik eignet. Im Tonstudio würde man jedoch einen lineareren Kopfhörer bevorzugen.

Gemessen wird der Frequenzgang mit einem Kunstkopf.



Targets/Ziele

Sogenannte „Targets“ oder auch „Ziele“ bieten eine visuelle Referenz / Hilfe, um einen Frequenzgang besser und einfacher zu bewerten.

Die meisten Targets basieren auf einem Durchschnitt bestimmter Präferenzen oder Eigenschaften. Je nach Anwendungsfall existieren verschiedene Targets, so gibt es beispielsweise Targets für normale Verbraucher, bei welchen die durchschnittliche Hörerwartung betrachtet wurde, oder Targets für Studio-Kopfhörer, bei welchen eine möglichst neutrale Wiedergabe wichtig ist. Dieses Target wurde durch den durchschnittlichen gemessenen Frequenzgang beliebter Studio-Kopfhörer gebildet.

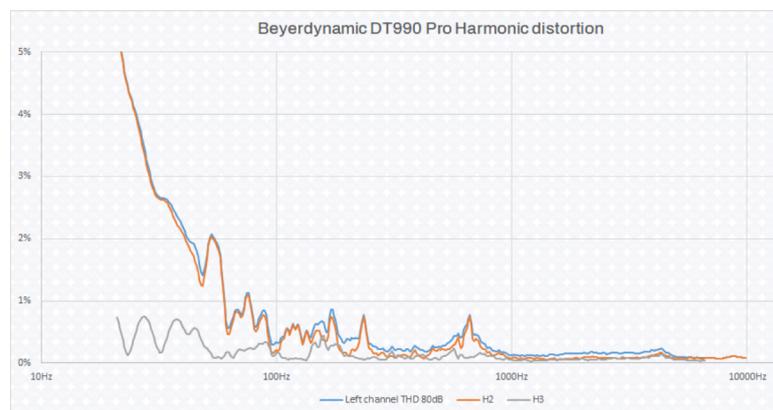


(Harmonische) Verzerrung

Verzerrung wird in % des Ausgangssignal gemessen. Generell lässt sich sagen, dass mehr Verzerrung schlechter ist.

Nichtlineare Verzerrung lässt sich grundlegend in harmonische und nicht harmonische Verzerrung unterteilen. Bei harmonischen Verzerrungen werden alle ganzzahligen Vielfache der Grundfrequenz einfaktoriert. Dies ergibt den Klirrfaktor oder auch Total Harmonic Distortion (THD) genannt.

Harmonische Verzerrung wird generell als angenehmer empfunden, der Klang ist angenehm, wirkt fetter/wärmer, wie es auch bei Tube Amps vorkommt. Im Gegensatz dazu stehen ungeradzahlige Vielfache, welche nicht angenehm sind.



Soundstage

Das Beurteilungskriterium Soundstage beschreibt einen imaginären dreidimensionalen Raum, eine Klangbühne, die Komponenten wie Breite, Tiefe, Höhe und "Form" des abstrakten Raums berücksichtigt.

Imaging

Beim Imaging geht es darum, wie genau und klar eine Richtung abgebildet wird.

Es berücksichtigt die Bewegungen und die Position bestimmter Bestandteile. So können etwa die Standorte verschiedener Instrumente abgebildet werden.

Sowohl Soundstage als auch Imaging sind subjektive Metriken.

Geräuschunterdrückung

Aktiv

Bei der aktiven Geräuschunterdrückung (ANC) werden Mikrofone und Lautsprecher dazu verwendet, unerwünschte Hintergrundgeräusche mit Antischall, der Umkehrung von Schallwellen, zu unterdrücken.

Passiv

Bei der passiven Geräuschunterdrückung sorgen die Ohrmuscheln für eine Abschirmung von unerwünschten Umgebungsgeräuschen. Meist sind sie jedoch nicht so angenehm zu tragen.

Geschichte

Die ersten ANC-Kopfhörer wurden entwickelt, um Piloten vor dem Lärm von Flugzeugen und Helikoptern zu schützen. So war eine niedrigere Kommunikationslautstärke möglich.

Funktionsweise

Die Funktionsweise der Geräuschunterdrückung basiert auf dem physikalischen Umstand, dass sich zwei Schallwellen mit gleicher Frequenz und Auslenkung aufheben. Um eine destruktive Interferenz gezielt herbeizuführen, müssen die Schallwellen um 180 Grad verschoben aufeinandertreffen.

Der Störschall wird mit einem Mikrophon aufgenommen, von einem Computer berechnet und anschließend ein Gegensignal mit einem Lautsprecher abgespielt. Dazu sind eine hohe Rechenleistung und ein präziser Schallwandler notwendig, denn die Außengeräusche werden hunderte oder tausende Male in der Sekunde gemessen und Schall breitet sich in der Luft mit 340 m pro Sekunde aus.

Feedforward-ANC

Bei einem Feedforward-ANC-System sind Mikrofone außerhalb der Ohrmuschel platziert. Das ANC geschieht, bevor die Geräusche das Ohr erreichen, daher auch der Name. So geschieht die Unterdrückung früh und effektiv. Das System ist allerdings anfällig für Wind und da keine Unterdrückung des vom Kopfhörer selbst erzeugten Schalls erfolgt, kann es sogar zu einer Verstärkung kommen.

Feedback-ANC

Ein Feedback-ANC-System hat Mikrofone innerhalb der Ohrmuschel verbaut. Verbliebene Geräusche werden unterdrückt. Das Feedback-ANC arbeitet mit einem größeren Frequenzbereich als das Feedforward-ANC, schwächelt aber bei hohen Frequenzen und kann aufgrund der Nähe von Mikrophon und Lautsprecher selten auch Rückkopplungen erzeugen.

Hybrid-ANC

Bei einem Hybrid-ANC-System handelt es sich um eine Kombination von Feedforward- und Feedback-ANC. Demnach hat es Mikrofone innerhalb und außerhalb der Ohrmuschel installiert. Es ist kostenintensiver.

Adaptives ANC

Ein adaptives ANC-System passt sich automatisch an die Umgebung an.

Wichtige Geräusche wie heranfahrende Autos und Züge oder Warnsignale sollen hörbar bleiben.

Anpassbares ANC

Bei einem anpassbaren ANC-System kann der Nutzer bestimmen, wie stark Umgebungsgeräusche unterdrückt werden sollen.

Transparenzmodus

Beim Transparenzmodus kann man die Außenwelt zuschalten. Umgebungsgeräusche werden in den Kopfhörer weitergeleitet.

Anpassbarer Transparenzmodus

Beim anpassbaren Transparenzmodus lässt sich anpassen, wieviel von den Außengeräuschen man hören möchte.

Risiken

Die Gefahren der Nutzung von Kopfhörern gehen hauptsächlich von der Lautstärke und der Abschirmung der Umgebung aus.

Lautstärke

Die Lautstärke bzw. der Schalldruckpegel werden in dB angegeben. Endgeräte können meist bis zu 120 dB Output leisten. Kopfhörer haben meistens eine Lautstärke zwischen 75 und 95 dB.

Als Beispiel: Air Pods Max: 100 % = 108.3 dB.

Dauerlärm kann bei den Ohren bleibenden Schaden anrichten. Kritisch wird es für die Ohren bereits ab einer Lautstärke von 85 dB. Jeder kennt wahrscheinlich das Phänomen, das man sich an die Lautstärke gewöhnt und sie dann immer wieder erhöht.

Eine sichere Nutzung von Kopf- bzw. Ohrhörern liegt bei 120 dB unter 12 Sekunden und bei 110 dB unter 2,5 min.

Deshalb sollte man am besten ein mittelgroßes Lautstärkeniveau einhalten.

Umgebung

Ein weiteres Risiko bei der Nutzung von Kopf- bzw. Ohrhörern besteht in der eingeschränkten Wahrnehmung von Gefahren, beispielsweise Warnsignale im Straßenverkehr. Dies führt zu einem deutlich erhöhten Unfallrisiko.

Lokalisation

In diesem Abschnitt geht es um die Ebenen des Richtungshörens. Der dreidimensionale Raum wird auf ein Koordinatensystem übertragen, drei verschiedene Ebenen bilden dann die x-, y- und z-Achse.

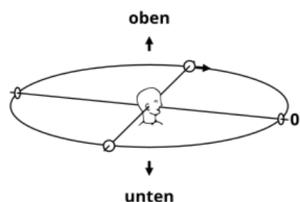
Horizontalebene

Die Horizontalebene liegt horizontal und steht für die Signalwege links/rechts und hinten/vorne.

Interaurale Laufzeit- und Pegeldifferenzen lassen eine Lokalisation auf dieser Ebene zu. Diese Laufzeitdifferenzen entstehen durch den Abstand der Ohren voneinander. Der Schall erreicht die Ohren nämlich nicht gleichzeitig. Der maximale Unterschied beträgt 0,63 ms.

Die Laufzeitdifferenzen wirken hauptsächlich in einem Bereich unter 1200 Hz, unter 80 Hz sind sie nicht mehr lokalisierbar.

Die Pegeldifferenzen resultieren aus Abschattungseffekten durch den Kopf. Das führt zu einem Intensitätsunterschied. Die Pegeldifferenzen wirken primär in einem Bereich über 1600 Hz.



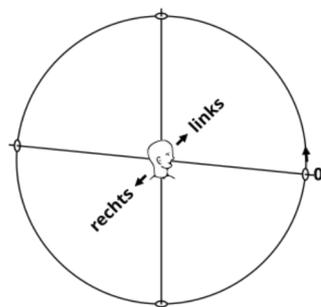
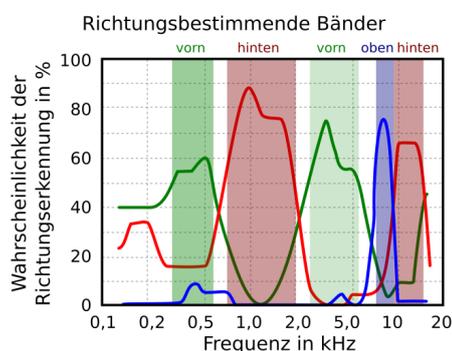
Frontalebene

Die Frontalebene reicht um Ohren und Hals herum und bestimmt den Bereich links, rechts, oben und unten.

Medianebene

Die Medianebene verläuft vertikal über die Nase, den Hals und den Hinterkopf und steht für die Signalwege hinten, vorne, unten und oben.

Hier geschieht die Lokalisation über Klangfarbenunterschiede bzw. Spektraldifferenzen. Das Außenohr agiert als richtungsselektiver Filter. Je nach Richtung werden unterschiedliche Resonanzen angeregt. Ein individuelles Muster ist im Gehirn eingepreßt.



Frequenzgang der Ohren

Bei Kopf- und Ohrhörern fehlen diese Informationen und so kann es zur “In-Kopf-Lokalisation” führen, was unangenehm und unnatürlich ausfällt.

Eine Hinzumischung der Bänder kann hier helfen. Dadurch ist es möglich, eine Richtung des Schalls elektronisch zu emulieren.

Mehrere Frequenzbereiche können eingestellt werden. Eine Nähe kann beispielsweise durch eine Verstärkung der Frequenzen in einem Bereich von 300 bis 400 Hz und 3 bis 4 kHz sowie durch ein Abschwächen von Frequenzen um 1 kHz erreicht werden. Eine Entfernung kann durch eine Verstärkung der Frequenzen um 1 kHz erreicht werden.

Quellen

audioengine.com

blog.beyerdynamic.de

blog.teufel.de

bloomaudio.com

connect.de

dekra-roadsafety.com

hifihelper.com

kopfhoerer.de

phiaton.com

quarks.de

soundguys.com

status.co

vrtonung.de