

Einführung

Hören
auditive Wahrnehmung
Tonberufe
und
szenischer Ton

**Willkommen zu einem Überblick
über einige Voraussetzungen
für**

das Hören und Inszenieren von Musik und Geräuschen

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Kontakt und Material

Kontakt:

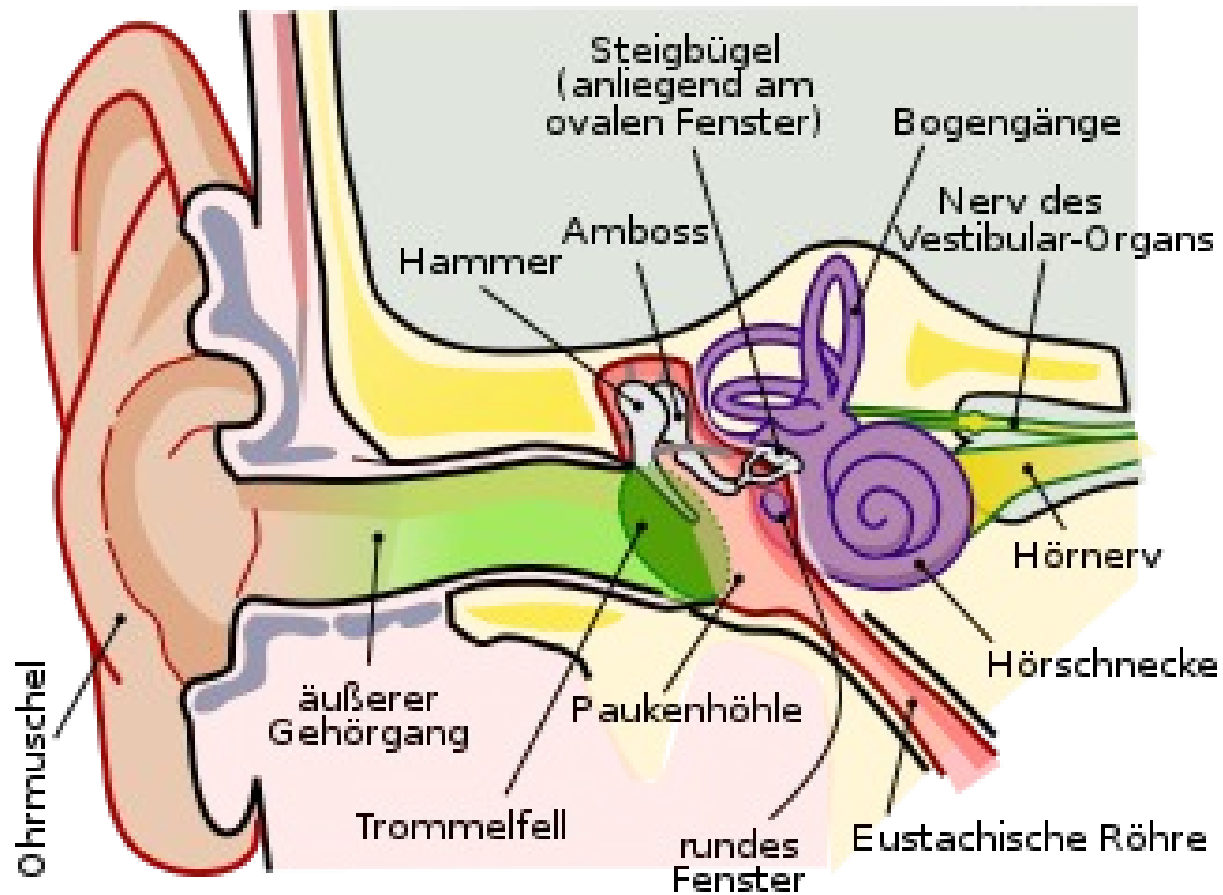
franke@staatstheater-darmstadt.de

Diese Präsentationen stehen
planmäßig am Tag nach der
Veranstaltung zum download bereit
unter:

www.hoerort.de/lehre-downloads.html

Einführung

Was hört eigentlich?



Quelle: Wikipedia.org

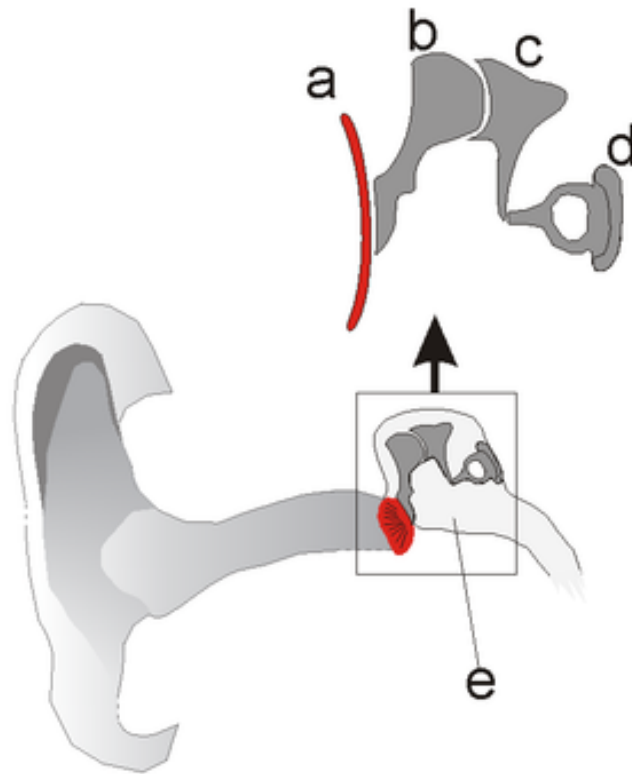
Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Was hört eigentlich?

Das Mittelohr (e)



a: Trommelfell

b: Hammer

c: Amboss

d: Steigbügel

Quelle: Wikipedia.org

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Was hört eigentlich?

Das Mittelohr ist für die Schallübertragung zentral.

Am Trommelfell liegt der Hammerkopf an und

Hammer, Amboß und Steigbügel bilden ein Hebelsystem, das die Schwingungen vom Trommelfell auf das Ovale Fenster übertragen.

Da eine Übertragung vom Medium Luft in ein flüssiges Medium stattfinden muss, muss diese Hebelkonstruktion die Schwingungen verstärken. Hinzu kommt, dass das Trommelfell sehr viel größer ist als das Ovale Fenster.

Am Steigbügel setzt ein Muskel an, der dessen Beweglichkeit hemmen kann. Damit kann innerhalb von ca. 50ms das Gehör sich vor zu großem Schalldruck schützen.

Bei schnellem Anstieg von Schalldruck kann es daher zu Knalltraumata kommen.

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Was hört eigentlich?

. Wie man sieht (und eigentlich alle wissen) ist das, was wir als Ohr sehen, nur ein kleiner und nicht der bedeutendste Teil des Gehörorgans als Ganzem.

. Trotzdem ist unsere Ohrmuschel für zwei Dinge wichtig:

1. Richtungshören (und auch dafür nur zum Teil)
2. Färbungen (zusammen mit dem Gehörgang)

. Unsere Ohrmuschel und der Gehörgang (der auch stark an der Färbung beteiligt ist) sind so individuell wie unsere Fingerabdrücke. Auch deswegen ist unser Hören genauso individuell. Jeder hört anders.

Einführung

Was hört eigentlich?

?

Was sollen wir denn damit anfangen?
Dann brauchen wir ja gar nicht anzufangen!

Keine Angst. Wir haben uns ja auch geeinigt, wie rot aussieht.

Einführung

Was hört eigentlich?

. Aber so wird klar, dass eine pauschale **Kopfhörer-virtualisierung** nicht funktionieren kann.

Alle Gamer unter Euch, die was anderes behaupten, sollten (oder vielleicht lieber doch nicht) mal MG-Feuer von links oben in der echten Welt hören...

. Aber das führt jetzt zu weit. Nur ein Hinweis für Interessierte. Wir machen jetzt erst mal weiter mit

Einführung

Richtungswahrnehmung

Die Ohrmuschel

Unsere Ohrmuschel ist nach vorne gerichtet. - Daraus folgt:

. Wenn wir etwas von hinten (oder oben, oder unten) hören, merken wir das an einer anderen **Färbung**.

. Wir sind keine Katzen.

. Daher bewegen wir unbewusst unablässig unseren Kopf in Richtung dessen, was wir genauer hören wollen.

. Und deswegen ist jedwede herkömmliche Aufnahme (akustischer) Klangquellen der Wirklichkeit hinsichtlich Transparenz unterlegen: Wir können unseren Kopf so viel bewegen, wie wir wollen. Wir hören höchstens einen Lautsprecher besser. Mit Kopfhörern nicht mal das. Bestimmt nicht die 2. Flöte hinten links...

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Richtungswahrnehmung

Die Ohrmuschel

Die Ohrmuschel selbst hilft allerdings gar nicht bei der Richtungswahrnehmung links-rechts.

Da hilft nur

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Das Gehirn

Eigentlich ist es beim Ohr wie beim Auge: Die eigentliche Wahrnehmung geschieht im Gehirn.

Wie jedes andere Sinnesorgan schickt auch das Hörorgan (in diesem Fall im Prinzip die Schnecke) chemisch induzierte Stromstößchen über die Nerven ans Gehirn.

Es gibt auch durchaus die Ansicht, dass vor allem Auge und (Innen-)Ohr eigentlich nicht mit dem Gehirn verbunden, sondern tatsächlich Teile des Gehirns sind.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Das Gehirn

Tatsächlich besteht das links-rechts-Richtungshören nämlich im Wesentlichen aus zwei Funktionen, die nur mittels Vergleichens dessen möglich sind, was am linken und rechten Ohr ankommt:

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Das Gehirn: Pegeldifferenzen

Das bedeutet schlicht: Ich höre etwas mit beiden Ohren. An welchem ist es lauter? Das ist dann wahrscheinlich die Richtung, aus der das Geräusch kommt.

Dabei gilt grundsätzlich: Je größer der Lautstärkeunterschied, desto größer ist die Auslenkung der Geräuschquelle zu einer Seite.

Anmerkung dazu: „Lautstärke“ ist kein Fachbegriff. Nirgends. Wir reden hier eigentlich von **Schalldruck** bzw.

Schalldruckunterschieden. Fachlich

(Schalldruck-) Pegeldifferenzen.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Das Gehirn: Pegeldifferenzen

Das linke und das rechte Hörorgan sind, außer über das Gehirn, nicht direkt verbunden. Daher müssen diese Vergleiche im und durch das Gehirn stattfinden. Und so ist es auch, und zwar, wie wir gleich noch sehen werden, innerhalb weniger Mikrosekunden (!).

Dieser Pegelvergleich ist aber nur die eine Hälfte des natürlichen links-rechts-Richtungshörens. Der andere Teil ist die Wahrnehmung von

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Das Gehirn: Laufzeitdifferenzen und das Gesetz der ersten Welle

Wenn wir ein Geräusch mit beiden Ohren wahrnehmen, mit einem Ohr aber früher als mit dem anderen, wird die Schallquelle in der Richtung wahrgenommen, aus der der Schall zuerst bei uns ankommt. Und dies funktioniert schon ab einer Zeitdifferenz von etwa 10 MIKROsekunden!

Das entspricht einer Auslenkung aus der Mitte von etwa 1,5 Grad.

Die maximale Laufzeitdifferenz für die rechts-links-Wahrnehmung liegt bei 0,63 Millisekunden. Das entspricht einer Auslenkung von 90 Grad.

Einführung

HÖRPAUSE

Eine Pause - zum Hören

Wir machen mal eine kleine Wellnesspause mit erlebnis-
pädagogischem Wert:

Bitte legt alle ein Stück Papier und einen Stift vor Euch
hin. Danach kommt dann gleich:

Schließt die Augen und HÖRT ZU.

Nicht mir, ich halte dann ausnahmsweise die Klappe.

Sondern der ganzen Welt um Euch herum.

Ohne Richtung, ohne Interpretation, ohne Ziel.

Zu Zettel und Stift sage ich etwas, wenn ich Euch bitte, die
Augen wieder zu öffnen.

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Folgerungen für Stereophonie

Hieraus folgt einiges für das Stereohören im Alltag, was wir hier, in einer Veranstaltung für junge, musikinteressierte Menschen, betrachten sollten.

Zunächst aber: Was ist denn Stereophonie überhaupt?

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Folgerungen für Stereophonie

Stereophonie ist grundsätzlich das Hören mit mehr als einem Ohr. Fachlich ist es tatsächlich so definiert.

Das bedeutet, dass jemand, der auf einem Ohr taub ist, per definitionem nicht stereohören kann.

Stereophonie ist jedoch NICHT auf 2 Klang**quellen** begrenzt!

Wie wir oben gesehen haben, wird auch nur eine Klangquelle durchaus stereophonisch wahrgenommen.

Fachlich sprechen wir z.B. bei 5.1-surround auch von Mehrkanalstereophonie. Meines Wissens bleibt es dabei aber meist bei der Nutzung von 2 Ohren pro Person...

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Folgerungen für Stereophonie

Wie wir gesehen haben, ermöglicht unser 2-Ohr-Hören dreidimensionales Hören in großer Auflösung. Über Differenzwahrnehmung.

Das ist übrigens das gleiche Prinzip wie beim Stereosehen.

Nur besser.

Denn „hinten hab ich keine Augen!“

Aber hören kann ich nach hinten. Und nach oben, wenn ich nach unten sehe. Und umgekehrt.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Folgerungen für Stereophonie

Tatsächlich ist unser Gehör, zumindest bezüglich Zeit und Räumlichkeit, viel höher aufgelöst als unser Sehen. Mit 24 Einzelbildern pro Sekunde kann man uns Bewegung vortäuschen. 24 Einzelgeräuschsamples pro Sekunde sind nicht mehr als ein extrem tiefes Brummen!

Jetzt nehmen wir aber mal die Abzweigung zur

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe - Folgerungen für Stereophonie

Ich rede jede jetzt hier mal von „Musikwiedergabe“, aber Geräusche jeder Art sind damit natürlich genau so gemeint (Hörspiel, Hörbuch, Radio allgemein, Film, youtube usw.)

Musikwiedergabe findet heute in der Praxis immer noch fast ausschließlich über 2 Lautsprecher (oder weniger!) statt.

Jedenfalls gehen die meisten Menschen nicht jeden Tag ins Kino und kaum jemand hat zu Hause eine Surroundbeschallung.

- Und wenn, dann ist sie fast immer so aufgestellt, dass sie stereophonisch nicht funktionieren kann.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe - Folgerungen für Stereophonie

Die meisten 2-Lautsprecher-Setups funktionieren übrigens auch nicht richtig. Dazu müssen wir kurz betrachten, wie

Lautsprecherstereophonie definiert ist:

Eine Lautsprecherstereophonie über 2 Lautsprecher, die

1. die volle Breite unserer Richtungswahrnehmung ausnutzen und

2. auch eine stabile Wahrnehmung der Mitte (Nasenrichtung) ermöglichen will,

verlangt eine Aufstellung der 2 Lautsprecher in einem Winkel von jeweils 30° links und rechts von unserer Nase.

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe - Folgerungen für Stereophonie

Wir hören also viele Schallquellen subjektiv nicht aus dem Lautsprecher, sondern aus einer Richtung ZWISCHEN den Lautsprechern. Hierbei sprechen wir von **Phantomschallquellen**.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe - Folgerungen für Stereophonie - Crossfeed und Beugung

Hinzu kommen sog. **Crossfeed-Effekte** und **Begungseffekte**:

Bei Lautsprecherwiedergabe, egal ob mit 60° -Aufstellung oder nicht, kommt immer Schall vom linken Lautsprecher auch ans rechte Ohr (crossfeed).

Was von links an unsere Ohren kommt, kommt aber nicht nur schwächer und später am rechten Ohr an, sondern die Schallwellen müssen auch um den Kopf herum gebeugt werden. Das gelingt nur Frequenzen, deren Wellenlängen länger sind als unsere Kopfbreite.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe - Folgerungen für Stereophonie - Crossfeed und Beugung

Frequenzen, deren Wellenlängen KLIEINER sind als die Kopfbreite, können, Umkehrschluss, zum Richtungshören auch über Pegeldifferenzen genutzt werden.

Die Laufzeitdifferenzwahrnehmung wird auch immer schlechter, je tiefer eine Frequenz ist.

Also: Für gute Richtungswahrnehmung brauchen wir höhere Frequenzen, bei sehr tiefen Frequenzen können wir die Richtung nicht wahrnehmen.

Deswegen ist es auch wurscht, wo ein anständig abgekoppelter Subwoofer aufgestellt ist.

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe - Folgerungen für Stereophonie - Crossfeed und Beugung

Dadurch entsteht eine Färbung, die Geräusche kommen am anderen Ohr mit weniger Höhen an. Und dies ist natürlich noch abhängig von der Kopfgröße und -form, also genauso individuell unterschiedlich wie die Gehörgänge.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe - Folgerungen für Stereophonie

Und jetzt besprechen wir mal, im ersten Schritt, wie zu Hause eure Lautsprecher stehen. Wenn ihr überhaupt welche habt.

Dann stellen wir uns mal vor, wie es aussieht, wenn man an eine Boombox (mit 2 Lautsprechern) so nah heran geht, dass 60° Öffnungswinkel passt.

Und dann kommen wir, logisch, zur bisher größten Audio-Herausforderung des 21. Jahrhunderts:

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

Die Menschen (nicht nur) Eurer Generation hören immer mehr über Kopfhörer.

Viele hören auch über Handylautsprecher etc., aber dazu später noch mehr.

Jetzt müssen wir uns erst mal mit dem Kopfhörer befassen.

Dabei geht es jetzt zunächst nicht um individuelle Unterschiede in der Wiedergabequalität, sondern um Schlussfolgerungen aus dem oben Gesagten für die Wiedergabe über Kopfhörer.

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

Wenn wir also jetzt die 3 Faktoren der Richtungswahrnehmung betrachten, was bedeutet das für die Kopfhörerwiedergabe?

1. Färbung/Richtung über die Ohrmuschel und Färbungen über den Gehörgang
2. Pegeldifferenzen
3. Laufzeitdifferenzen

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

1. Färbung/Richtung über die Ohrmuschel und Färbungen über den Gehörgang

Die Ohrmuschel ist generell noch beteiligt, wenn wir **ohrumschließende Kopfhörer** nutzen, etwas auch noch, wenn wir **on-ear Kopfhörer** tragen.

Bei **Earbuds** oder **In-Ears** fällt die Ohrmuschel als Einfluss schon mal generell weg.

In beiden Fällen ist die Richtungsfunktion aber natürlich ausgeschaltet, es geht nur noch um die Färbung.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

1. Färbung/Richtung über die Ohrmuschel und Färbungen über den Gehörgang

Trotzdem ist über diese Färbung noch ein vorne-hinten-oben-unten-Hören möglich! Zumal der Gehörgang ja immer beteiligt bleibt, auch bei In-Ears.

Aber wie geht da noch Richtungshören? Dazu kommen wir noch, wenn wir später kurz den Sonderfall der **binauralen** Aufnahmen betrachten.

Bei „normalen“ Stereosignalen sind diese Richtungswahrnehmungen über Ohrmuschel und Gehörgang bei Kopfhörerwiedergabe jedoch ausgeschlossen.

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

Färbung über Beugung um den Kopf herum

Bei Lautsprecherwiedergabe finden ja, wie gesagt, Beugungen und Frequenzveränderungen statt durch den Kopf/Nase etc.

Das geschieht natürlich beim Kopfhörer nicht. Da wirkt der Kopf als vollständiger Trennkörper. Alle Aspekte der Mischung, die diese Beugungseffekte einbeziehen, entfallen also.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

2. Pegeldifferenzen

Pegeldifferenzen zwischen linkem und rechtem Lautsprecher werden auch über Kopfhörer übertragen, klar.

ABER: Diese Übertragung ist gegenüber der Lautsprecherwahrnehmung stark **überhöht**, da ja hier nichts vom rechten Lautsprecher auch ans linke Ohr kommt und umgekehrt. Die Stereobreite ist also überdehnt, was u.a. dazu führt, dass die Mitte oft unterrepräsentiert ist.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

3. Laufzeitdifferenzen

Die Laufzeitdifferenzen sind insofern noch da, als die Differenzen, die bei der Aufnahme entstanden und über die Mikrofone aufgenommen wurden, natürlich noch da sind.

Zwischen den beiden Lautsprechern des Kopfhörers aber sind keine Laufzeitdifferenzen zu beiden Ohren mehr möglich, da ja aus dem linken Lautsprecher nichts ans rechte Ohr dringt und umgekehrt.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

3. Laufzeitdifferenzen

Außerdem werden die Laufzeitdifferenz nicht von 2 Lautsprechern übertragen, die einen 60° -Öffnungswinkel haben, sondern eben einen 180° -Öffnungswinkel. Sie werden also ebenfalls überhöht dargestellt.

Dieser Teil der Stereoabbildung ist also ausgeschaltet.

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

Die Im-Kopf-Wahrnehmung

Da aber trotz der Überbreite viele Signale noch als Phantomschallquellen wahrgenommen werden, also irgendwo zwischen links und rechts, die Lautsprecher aber nicht vor uns sind, sondern an den Kopfseiten, kommt es bei normaler Kopfhörerwiedergabe bei diesen Signalen zur sog. **Im-Kopf-Wahrnehmung**.

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

Die Im-Kopf-Wahrnehmung

Dieses Wahrnehmen von Phantomschallquellen im Kopf hat hörpsychologisch eine Reihe von Konsequenzen:

1. Oft wird eine größere Nähe zum Klang empfunden.
2. Für viele Menschen funktioniert dies bei reinem Hören sehr viel besser, als wenn sie dazu die Klangquellen auch sehen (z.B. Film etc.). Warum wohl?
3. Durch die größere Aufspannung des Panoramas und geringere Verluste durch den Raum entsteht ein **Lupeneffekt**, den Tonschaffende zu Kontrollzwecken nutzen.

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Richtungswahrnehmung und das Zweiohr-Prinzip

Musikwiedergabe über Kopfhörer - Folgerungen für Stereophonie

Raumausschluss

Ein wichtiger Aspekt der Kopfhörerwiedergabe ist, dass damit Einflüsse des Raumes, in dem ich mich befinde und in dem herkömmlicherweise auch die Lautsprecher stehen würden, ausgeschlossen werden.

Das kann positive oder negative Auswirkungen haben.

Was fällt Euch dazu ein?

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)

Einführung

Sonderfall: Binaurale Aufnahmen

Kunstkopf und so

Aus Zeitgründen soll hier nur kurz angesprochen werden, wie Kopfhörerwiedergabe eigentlich nur wirklich gelingen kann: Zunächst mit **Kunstkopfaufnahmen** bzw. sog. **kopfbezogener Stereophonie**.

Zunehmend wird auch mit objektbasierter, kopfbezogener Virtualisierung gearbeitet, mit Tracking oder ohne. Aber das ist komplex - und für den Musikgenuss oder natürliche Wahrnehmung noch bei weitem zu tief in den Kinderschuhen. Vor allem wegen der Färbung. Womit wir wieder beim MG-Feuer von links oben wären...

Hören - auditive Wahrnehmung - Tonberufe und szenischer Ton

Lehrgespräch für Musikkurse - Sebastian Franke (Staatstheater Darmstadt)