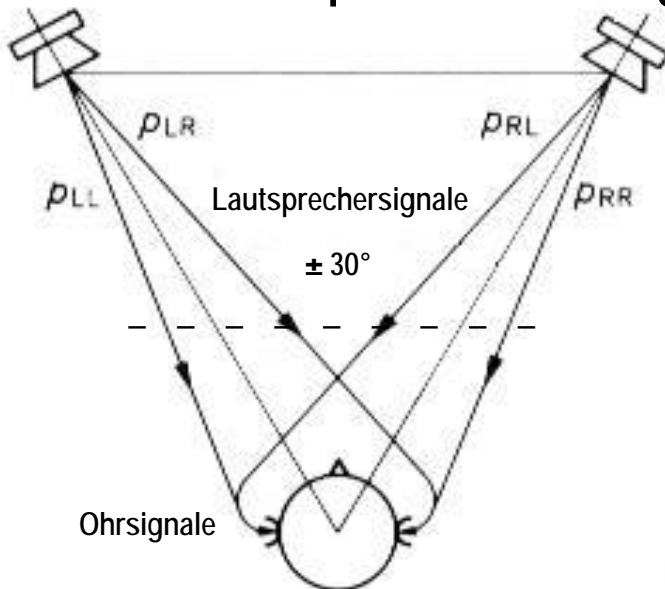




UdK Berlin
Sengpiel
01.2002
NH

Stereolautsprecherwiedergabe und Psycho-Akustik



Stereowiedergabe: Bei der Tonaufnahme werden Interchannel-Signaldifferenzen zwischen den Lautsprechern erzeugt. Das sind frequenzneutrale Pegeldifferenzen ΔL und Laufzeitdifferenzen Δt – bei zwei sich überlagernden Schallfeldern.

Psycho-akustische Wandlung

Natürliches Hören: Interaurale Signaldifferenzen $ILD(\Delta L)$ und $ITD(\Delta t)$ zwischen den Ohren bildet der Kopf des Hörers mit dem Ohr-Gehirn-System selber.

Wozu sollten diese aus den Lautsprechern kommen?

Zwei Ohren empfangen Signale von zwei Lautsprechern in der Standard-Stereoaanordnung. Das linke Ohr hört den linken Lautsprecher direkt (p_{LL}), aber auch als Schallfeldüberlagerung das spätere Signal vom rechten Lautsprecher (p_{RL}) und das rechte Ohr hört den rechten Lautsprecher direkt (p_{RR}), aber auch das spätere Signal vom linken Lautsprecher (p_{LR}). Es gibt die Meinung, dass es ein "Fehler der Stereophonie" sei, wenn jedes Ohr zwei Signale erhält, das "richtige" und dann 0,3 ms verzögert das "falsche". Da dieses aber zum festen Prinzip der Stereophonie bei Lautsprecherwiedergabe gehört, kann das jedoch nicht als Fehler bezeichnet werden. Gegenüber einer natürlichen Schallquelle, die nur je ein Signal auf unser linkes und rechtes Ohr sendet, sind zwei Lautsprecher, die gleichphasigen Schall abgeben, sicher etwas "Unnatürliches". Dieses ist jedoch eine besondere Herausforderung - eine Aufgabe die wir lösen müssen, um trotzdem bei einer Tonaufnahme für dieses Wiedergabesystem ein natürlich-klingendes Klangbild und eine künstlerisch-kreative Illusion zu schaffen.

Lautsprechersignale:

Um eine Phantomschallquelle aus der **30°-Richtung** eines Lautsprechers im Standard-Stereodreieck zu erhalten, wird entweder eine frequenzneutrale Pegeldifferenz zwischen den Interchannel-Signaldifferenzen von $\Delta L = 16$ bis 20 dB oder eine Laufzeitdifferenz zwischen den Interchannel-Signaldifferenzen von $\Delta t = 1$ bis 2 ms benötigt. Rechenwerte für die maximale 100%-Hörereignisrichtung ($\pm 30^\circ$) seien:

$$\Delta L = 18 \text{ dB und } \Delta t = 1,5 \text{ ms.}$$

Siehe hierzu die Blätter: "[Hörereignisrichtung in Abhängigkeit von der Laufzeitdifferenz der Interchannel-Signaldifferenzen](#)" und "[Hörereignisrichtung in Abhängigkeit von der Pegeldifferenz der Interchannel-Signaldifferenzen](#)".

Ohrsignale:

Beim natürlichen Hören einer Schallquelle aus der **30°-Richtung** findet man eine interaurale frequenzabhängige Pegeldifferenz von $ILD = 4,2$ bis 6 dB (Spektraldifferenz) oder eine interaurale Laufzeitdifferenz von $ITD = 0,25$ bis 0,31 ms. Rechenwerte für die $\pm 30^\circ$ -Lokalisation beim natürlichen Hören seien:

$$ILD(\Delta L) = 5 \text{ dB und } ITD(\Delta t) = 0,3 \text{ ms.}$$

Diese Richtungslokalisationswerte der Ohrsignale sind deutlich geringer, als die notwendigen Signale, die man in den Lautsprechern braucht. Selbst bei maximalem 90°-Schalleinfall sind beim natürlichen Hören mit $ILD = 9$ dB und $ITD = 0,63$ ms die Werte viel geringer als die notwendigen Stereo-Lautsprecherwerte. Siehe hierzu die Blätter: "Laufzeitdifferenzen beim natürlichen Hören" <http://www.sengpielaudio.com/LaufzeitdifferenzenBeimNatuerlichenHoeren.pdf> und "Pegeldifferenzen beim natürlichen Hören" <http://www.sengpielaudio.com/PegeldifferenzenBeimNatuerlichenHoeren.pdf>

Merke: Mit einer intelligenten Tonaufnahmetechnik erzeugen wir die notwendigen Interchannel-Signaldifferenzen zwischen den Lautsprechern, die jedoch mit den Ohrsignalen nichts zu tun haben.

Wir verwenden frequenzneutrale Pegeldifferenzen ΔL und Laufzeitdifferenzen Δt , deren Werte durch psychoakustische Hörversuche gefunden wurden. Keinesfalls erzeugen wir bei der "Lautsprecher-Stereophonie" interaurale Signaldifferenzen, denn unser Ohr-Gehirn-System empfängt psychoakustisch gewandelt die Interchannel-Signaldifferenzen der Lautsprecher. Häufig besteht die Vorstellung, dass man über die Stereo-Lautsprecher die originalen Signale so an die Ohren bringen sollte, wie sie beim natürlichen Hören vorhanden sind. Für eine "natürliche" Abbildung wird gefordert, dass die Lautsprechersignale sich an den Ohren so zu summieren hätten, dass dort die korrekten ursprünglichen interauralen Signal-Differenzen entstehen. **Lautsprechersignale sind aber keine Ohrsignale.** Das geht nur im Experiment mit "Transaural-Stereo", wobei interaurale Signaldifferenzen (HRTF = Außenohrübertragungsfunktion) einer Kunstkopfaufnahme mit Hilfe eines "Übersprechkompensationsverfahrens" umgewandelt und über zwei Lautsprecher wiedergegeben werden. In USA heißen solche Geräte "Crosstalk Celler" – also Übersprech-Auslöcher.