



# Transaural Stereo - Kunstkopf-Stereofonie über Lautsprecher

## Übersprechkompensiertes Lautsprecher-Wiedergabesystem für Kunstkopf-Aufnahmen

UdK Berlin  
Sengpiel  
04.98  
HRTF

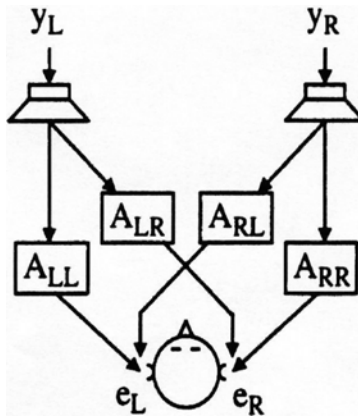
Normalerweise wird das Schallereignis einer Kunstkopf-Aufnahme über Kopfhörer direkt am Ohreingang in den Gehörgang des Zuhörers eingespeist. Die binauralen Signaldifferenzen des Kunstkopfs enthalten die Richtungsinformationen, wie: Laufzeitdifferenzen, Beugung und Abschattung der Signale am Kopf, am Außenohr sowie den Schultern. Die daraus entstehenden frequenzbewerteten ohrspezifischen Pegeldifferenzen werden Spektraldifferenzen genannt. Man kann quasi "mit den Ohren des Kunstkopfs" realitätsnah hören. Voraussetzung ist dazu ein speziell entzerrter Kopfhörer.

In wissenschaftlichen Berichten wird häufig mitgeteilt, dass beim Kopfhörer-Hören die Richtungslokalisierung vorne und hinten "verwechselt" wird. Das ist optimistisch geschönt und ungenau ausgedrückt. Allgemein wird der Schall eher von hinten kommend empfunden. Es fehlt so gut wie immer die richtige Vornelokalisation. Erkennen Sie, dass Original-Schall von hinten über Kopfhörer nie vorne lokalisiert wird und es damit auch nicht zu der angegebenen Verwechslung kommt. Hier wird nicht das komplizierte Headtracking-Verfahren erwähnt.

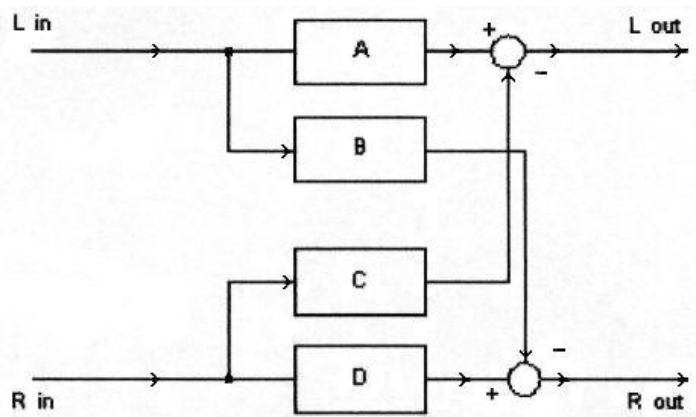
Es wäre ideal, wenn man den binauralen Effekt hörbar machen könnte, ohne Kopfhörer tragen zu müssen. Dazu müssten an den Ohreingängen kopfbezogene Signale (Außenohrübertragungsfunktion) erscheinen. Wie geht das zu machen?

Beim Transaural Stereo werden interaurale Signaldifferenzen (HRTF) einer Kunstkopfaufnahme mit Hilfe eines "Übersprechkompensationsverfahrens" umgewandelt (HRTF inverse filtered) und über Lautsprecher als Zweikanal-Surround-Sound wiedergegeben. In USA heißen solche Geräte "Crosstalk Canceller", also Übersprech-Auslöschler.

Werden Kunstkopfaufnahmen mit Lautsprechern wiedergegeben, so fehlt natürlich die erforderliche scharfe Trennung zwischen dem linken und rechten Kanal. Die Übersprechkompensation nimmt nun eine zusätzliche Trennung vor. Dabei wird der auf das rechte Ohr übersprechende Anteil des linken Signals ausgelöscht und umgekehrt. Dieses geschieht durch digitale Nachbearbeitung des ursprünglichen Signals, bei dem ein gegenphasiges Kompensationssignal das übersprechende Signal auslöscht. Siehe die nachfolgenden Abbildungen.



Problem des Übersprechens



Crosstalk Cancellation Network von Schroeder-Atal 1963

### Invertierung der Übertragungsmatrix

Dieses Auslöschsignal spricht nun seinerseits wieder auf das andere Ohr über und wird durch ein zusätzliches Signal kompensiert, das wiederum auf das jeweils andere Ohr überspricht. Nach fünf Kompensationsschritten wird das Verfahren abgebrochen, weil das verbliebene, übersprechende Signal nur noch sehr klein ist.

In den Berichten über Transaural Stereo wird kaum erwähnt, dass die Kompensationsberechnungen für die gegenphasigen Kompensationssignale theoretisch nur für einen Punkt im Raum gelten, wie z. B. den "Sweet Spot" im Standard-Stereodreieck. Schon unsere Ohren sitzen ja an zwei unterschiedlichen Punkten und damit wird ein Nachteil offensichtlich: Es gibt nur eine kleine Abhörzone, in der die gegenphasigen Kompensationssignale wirksam sein können und das auch nur teilweise.

Trotzdem ist das Klangerlebnis verblüffend. Doch ist es ziemlich anstrengend, den Kopf über eine längere Zeit an einer genau festgelegten Stelle im Raum nicht zu bewegen. Neben dieser engen Abhörzone wird der Effekt schnell schwächer und die Tonsignale klingen durch die für andere Abhörorte falschen Kompensationssignale verfärbt.

Seit dem Aufkommen des Fünfkanaal-Surround-Verfahrens und durch die heutige digitale Signalverarbeitungstechnik (DSP) wird weltweit an Instituten für Akustik verstärkt daran gearbeitet, mit übersprechkompensierten Kunstkopfsignalen über nur zwei Kanäle (!) den Surround-Sound und insbesondere den Lautsprecher-Fünfkanaalklang zu verbessern. Surfen Sie dazu im Internet. Suchbegriffe: Ambisonic, Ambiophonic, 3D-Audio, UHJ, B-Format, HRTF und AKG-Hearo. Auch WFS - die Wellenfeldsynthese - versucht sich weiter zu entwickeln.

Bei Klang-Vorführungen neuer Surround-Verfahren sollten Sie sehr genau hinhören und versuchen, die Schwachpunkte selbst zu erkennen, die uns natürlich nicht genannt werden. Es sind etliche Marketingleute unterwegs, die unter angeblich wissenschaftlichem Deckmantel versuchen, ihre "Produkte" an den Mann oder die Frau zu bringen.

Wissenschaftliche Institute stehen unter Druck, wenn sie Forschungsgelder von Industrieunternehmen bekommen und ein marktreifes Produkt entwickeln müssen. Seien Sie kritisch gegenüber dem, was in Vorträgen und Werbung so alles gesagt und noch viel öfter verschwiegen wird. Seien Sie auch kritisch zu den angebotenen Hörbeispielen.

Sollte bei der Lautsprecher-Wiedergabe von quasi Kunstkopfsignalen nicht von Transaural Stereo mit Crosstalk Cancelling gesprochen werden, dann ist allergrößte Skepsis angeraten.