© ArteSonus

DSP Lautsprecherentwicklung und Raumakustik (Zusammenfassung)

Teil 1 Lautsprecherentwicklung

Entwicklungsschritte:

1. Treiberauswahl: BB, Mehrwege, Koaxial usw. (hier nicht Thema)
2. Erste Festlegung Trennfrequenzen (hier nicht Thema)
3. Entscheidung für eine Filter-Charakteristik und darüber, welche Abstrahlcharakteristik der fertige Lautsprecher haben soll (die Punkte 1-3 sind immer zusammen zu betrachten, hier stellt die Nummerierung keine Reihenfolge dar) (hier nicht Thema)
4. Nur die **akustische** Flankensteilheit ist wichtig
5. ***IIR-Filter für alle grundlegenden Einstellungen***
6. ***FIR-Filter*** *nach Möglichkeit* ***nur für die Phasenkorrektur*** *(Kontrollmessungen sind unerlässlich)*
7. Treiber einzeln auf Zielkurve per DSP optimieren (Arta)
8. Abstrahlverhalten muss bekannt sein, sonst messen. Abhörwinkel bestimmen. (REW/Arta)
9. Komponente „Zeit und Phase“ (Arta)
    a. Erste Untersuchung des Zusammenspiels der „Nachbar“-Treiber (Arta)
    b. Gibt es eine Addition, eine Subtraktion oder irgendetwas dazwischen? (Arta)
    c. Untersuchung der Ursachen:
        i. Analyse der Gruppenlaufzeit, Phase und Sprungantwort (Arta)
    d. Gegenmaßnahmen:
        i. Filter haben die Phase gedreht: Verpolung
        ii. Gruppenlaufzeit fällt auseinander: Delay
        iii. Sprungantwort und Phase stimmen nicht:
        Phase per FIR entzerren (Vorsicht! Es kann zu ungewollten Pre-Ringing kommen, dann ist es besser den Phasenfehler nicht komplett zu beseitigen).
        Phasenfehler nicht zu extrem korrigieren – Hörbarkeit, Aufwand und mögliches Pre-Ringing immer im Blick behalten.
        Oder besser, den nächst höherfrequenten Weg per Allpass-Filter anpassen. Hierbei gibt es keine Gefahr, ein Pre-Ringing zu erhalten. Das kann der bessere Weg sein.
10. Gesamtfrequenzgang unter Beachtung des Rundstrahlverhaltens festlegen
11. Komponente „Zeit und Phase“ erneut überprüfen und gegebenenfalls anpassen (Punkt 9 und 10 solange wiederholen, bis sich das gewünschte Ziel einstellt oder die Grenzen des Machbaren erreicht sind)
12. Da wir so den Lautsprecher nicht hören (wir haben keinen reflexionsarmen Raum), beschäftigen wir uns jetzt mit der Raumakustik.

Teil 2 Raumakustik

Der Amplitudenfrequenzgang des Lausprechers ist im mittleren Nahfeld bekannt. Akustische Optimierungsmöglichkeiten bei der Aufstellung der Lautsprecher berücksichtigen.
Stichworte:

- Symmetrische Aufstellung (möglich oder nicht // Extrapunkt DSP-Setup)
- Nachhallzeit (Live End Dead End / Dämpfung / Diffusion)

- Raummoden
- Abstand zur Rückwand des Lausprechers (Auslöschung bei 1/4 der Wellenlänge)
- Hörplatz: Entfernung zu den Lautsprechern, Abstand zur Rückwand, potentielle Ohrhöhe

Wenn ein Kompromiss für den Hörplatz gefunden wurde, kann die Hörsituation an diesen den Raumbedingungen angepasst werden. Je kleiner der Kompromiss, desto besser das Hörerlebnis.

Anpassungen per DSP

1. Stimmen die Laufzeiten der Lautsprecher am Hörplatz überein? (Ein Messpunkt) (Arta)
    a. Ja, dann fertig, sonst b.
    b. Laufzeitunterschied bestimmen und per Delay ausgleichen
2. Zielkurve entsprechend des Abstrahlverhaltens und der Nachhallzeut des Raumes definieren (z.B. Harman-Kurve für Lautsprecher, die sehr gerichtet abstrahlen, oder ein kontinuierlicher Pegelabfall über den gesamten Frequenzgang bei sehr breit abstrahlenden Lautsprechern)
3. Mit Messung an mehreren Stellen (dreidimensionale Matrix um die Hörzone) einen gemittelten Gesamteindruck des Lausprechers am Hörplatz gewinnen. (REW)
4. Unterschiede zur Zielkurve ermitteln und untersuchen:
    a. Welche Ursachen hat der wellige Frequenzgang: Moden, Auslöschungen, andere Resonanzen usw.
    b. Sind der rechte und linke Kanal ungefähr gleich laut?
5. Die Pegeländerungen, die unten beschrieben sind (Punkt 6 und 7), für den rechten und linken Kanal immer so abstimmen, dass das Ergebnis für den rechten und linken Kanal bestenfalls deckungsgleich ist. Hier können zwei Monitore hilfreich sein.
6. Pegel**überhöhungen** per DSP absenken und der Zielkurve nähern:
    a. In REW die Messungen pro Kanal mitteln
    b. Glättung der Anzeige dem zu kompensierenden Bereich anpassen: Bass kaum glätten, psychoakustische Glättung ab 300Hz wählen
    c. Mit so wenig Filtern wie möglich arbeiten (die Anzahl der Filter kann endlich sein, dann ist dieser Punkt doppelt wichtig) (REW-Filtervorschau nutzen), keine automatischen Filter berechnen lassen (meist zu hohe Q-Werte > Überkompensation oder Kompensation im falschen Frequenzband)
    d. Filter auf DSP übertragen und Kontrollmessung durchführen (wieder in der Matrix messen, wie zuvor)
7. Senken per DSP „auffüllen“ und der Zielkurve nähern:
    a. Wenn es sich um eine **Auslöschung** handelt, die sich aus der Aufstellung des Lautsprechers ergibt, muss abgewogen werden, ob die verlängerte Nachhallzeit und Energieverschwendung den Eingriff wert sind – **in der Regel nicht**. Darüber hinaus sind schmalbandige Auslöschungen nicht so störend und werden von vielen gar nicht wahrgenommen, oder sie gewöhnen sich schnell an den Umstand.
    b. Mit so wenig Filtern wie möglich arbeiten (die Anzahl der Filter kann endlich sein, dann ist dieser Punkt doppelt wichtig) (REW-Filtervorschau nutzen), keine automatischen Filter berechnen lassen (meist zu hohe Q-Werte > Überkompensation oder Kompensation im falschen Frequenzband).
    c. Filter auf DSP übertragen. Dabei sehr genau darauf achten, dass der Maximalpegel des DSPs nicht überschritten wird.
    d. Hat man zuvor die Nachhallzeit über den gesamten Frequenzgang festgehalten (in REW kann der zentrale Messpunkt auf Ohrhöhe dafür herangezogen werden), kann man nun bei der Kontrollmessung feststellen, ob es zu ungewollten Veränderungen gekommen ist. Dann sind gegebenenfalls die Pegelanhebungen zurückzunehmen.

8. Ist man nach einigen Durchläufen der Punkte 6 und 7 vermeintlich ans Ziel gelangt, wird nun am Hörplatz nach Gehör kontrolliert. Stimmen dabei grobe Dinge nicht, hat man in der Regel Messfehler gemacht oder die Zielkurve wurde nicht den eigenen Hörgewohnheiten entsprechend gewählt. Man kann einfach mit einem parametrischen EQ die Bereiche hörtechnisch überprüfen, die man als Ursache vermutet (Musiker mit absoluten Gehör wissen sofort, wo etwas nicht stimmt). Wie in 6 und 7 beschrieben, wird nun die Abstimmung dem Geschmack und den Hörgewohnheiten entsprechend angepasst.

Es handelt sich bei dieser Skizze um einen Versuch, das Thema so kurz und knapp wie möglich zu behandeln. Viele Themen werden nicht erwähnt oder berücksichtigt. Ich glaube, dass diese ausgesparten Themen für den ersten Kontakt mit dem Thema „DSP“ keine bestimmende Relevanz haben (für das Thema „Entwicklung von Lautsprechern“ sind sie aber sehr wichtig).

Diese Vorgehensweise lässt sich generell auf andere Hard- und Software übertragen.

ArteSonus
Karsten Langwald
Michael Bause

Kölner Str. 156
58566 Kierspe

Kontaktzeiten:
Montag: 08:00 – 17:00 Uhr,
Dienstag – Donnerstag: 08:00 – 11:00 Uhr
Web: www.artesonus.de
Mail: info@artesonus.de
Tel: +49 (0) 2269 9299246
Mobil: +49 (0) 176 90796215